

PRÁCTICAS DE EMBARQUE



Buque *Murillo* - Acciona Trasmediterránea

Cristian del Valle Rodríguez

Diplomatura en Máquinas Navales, 2009-2010

Juan Antonio Moreno Martínez

Facultad de Náutica de Barcelona, C.E.N./U.P.C.

PRÁCTICAS DE EMBARQUE

Buque *Murillo* – Acciona Trasmediterránea

Cristian del Valle Rodríguez

Diplomatura en Máquinas Navales, 2009-2010

Juan Antonio Moreno Martínez

Facultad de Náutica de Barcelona, C.E.N./U.P.C

Para Peguero, Ezequiel, Antxón, Sonia, Laura, Fernando,

Alberto y María José, grandes oficiales y mentores.

Para Salva, Pepe, Albino, Pablo, Fuentes, Aníbal, Pedrosa, Manuel,

Jesús y Agustín, por su trabajo, explicaciones y sentido del humor.

Y para Vanesa, por su ayuda y humanidad.

Muchas gracias a todos.

Índice

0. Prefacio	9
1. El buque Murillo	12
2. Propulsión	16
2.1. Motor principal	16
2.2. Sistema de control	22
2.3. Reductora	24
2.4. Hélices	26
2.5. Sistema de gobierno	27
3. Sistemas auxiliares	30
3.1. La planta eléctrica	30
3.2. El generador de emergencia	37
3.3. El servicio de vapor	40
3.4. El servicio de combustible	47
3.5. El servicio de aceite lubricante	52
3.6. El servicio de aire comprimido	60
3.7. El servicio de agua de refrigeración	65
3.8. El servicio sanitario	70
3.9. El servicio de aire acondicionado	75
4. Sistemas de seguridad	80
4.1. Sistemas de seguridad del buque	80
4.2. Lucha contra incendios	83
4.3. Supervivencia en la mar y rescate de personas	95

Índice

5. Sistemas de lucha contra la contaminación	100
5.1. Separador de lodos y red de sentinas	100
5.2. Planta de tratamiento de aguas residuales	104
5.3. Gestión de basuras y de residuos de a bordo	108
6. Conclusiones	111
7. Bibliografía	112
8. Anexos	114
Anexo I, maniobra de atraque	114
Anexo II, maniobra de salida	115
Anexo III, problemas de funcionamiento del MP	117
Anexo IV, programa de mantenimiento del MP	122

0. Prefacio

Ésta es la memoria de embarque correspondiente a la asignatura denominada *pràctiques en vaixell* que he realizado, y a toro pasado diré que sin ninguna duda es la asignatura más importante de toda la carrera, en ella se aprende y, lo que es más importante, se ve todo aquello que se dio teóricamente en clase y que costaba de imaginar. Además conoces a mucha gente con mucha experiencia que te enseña cosas que en clase no se dieron o no se entendían y aprendes a desenvolverte en un entorno de trabajo distinto a cualquier otro de tierra y en unas condiciones muy distintas.

Dicho todo esto quisiera hacer una crítica. La crítica va dirigida a la UPC en general y a la Facultad de Náutica de Barcelona en particular. Es muy triste y decepcionante que en una asignatura así sea el alumno el que se tenga que buscar la vida ya no sólo para encontrar embarque, sino para todo el papeleo necesario para poder embarcarse y la poca información recibida para cualquier cuestión (siempre tienes que apelar a alumnos más veteranos que ya hicieron esta asignatura, a los cuales estoy muy agradecido por su ayuda). No digo esto de forma gratuita, y me explico: en las Islas Canarias la Facultad de Náutica de las Palmas de Gran Canaria tiene un convenio firmado con la compañía Fred Olsen por el cual todos los alumnos de la facultad pueden realizar las prácticas en sus buques si así lo desean.

Finalmente justificaré mi trabajo. Ésta no es una memoria en la que se hacen explicaciones largas y tediosas sobre el funcionamiento de cada uno de los elementos existentes en el buque (y que son fruto del “Copy & Paste” de los manuales de a bordo) sino una descripción/explicación breve del funcionamiento de cada uno de estos elementos que demuestre que se ha trabajado con ellos y que se sabe lo que son y para qué sirven.

Espero que guste el trabajo.

El buque Murillo

1. El buque *Murillo*

El *Murillo* es un buque del tipo *Ro-Pax* (Roll On - Passengers), vulgarmente conocido como *ferry*, ello quiere decir que está preparado tanto para transportar carga rodada (tráileres, plataformas, camiones, vehículos privados...) como pasaje.



El buque Murillo en el puerto de Barcelona.

El *Murillo* pertenece a la compañía Acciona Trasmediterránea y sus características generales son las siguientes:

- Eslora total: 180 metros
- Eslora entre perpendiculares: 168,7 metros
- Manga de trazado: 24,3 metros
- Puntal a cubierta principal: 9,6 metros
- Calado de trazado máximo: 6,2 metros
- Puesta de la quilla: 16/02/2001
- Motores principales: 4x 5940 kw a 600 rpm
- Tipo de motor: Wärtsilä 9L38
- Velocidad en pruebas: 22,4 nudos
- Hélices propulsoras: 2
- Tipo: Lips (paso variable)
- Hélices de proa: 2x 1300 kw
- Tipo: Brunwall (paso variable)
- Desplazamiento: 16800 Tm
- Peso muerto: 6300 Tm
- Arqueo bruto: 25000 GT

- Pasaje: 550 personas
- Tripulación: 60 personas

El *Murillo* tiene en total 1900 metros lineales para carga rodada¹ y espacio habitable suficiente para acomodar a más de 600 personas, siendo la distribución tanto de la carga como de las personas la siguiente:

- Cubiertas 1 y 2 (“bodeguines”), 405 metros de ancho reducido (espacio para unos 40 coches por cubierta)
- Cubierta 3 (garaje 1), 830 metros lineales de gran anchura (unos 62 tráileres de 12,9 metros)
- Cubierta 5 (garaje 2), 1070 metros lineales de gran anchura (unos 80 tráileres de 12,9 metros)
- Cubierta 7 (acomodación), camarotes preferentes, dobles y cuádruples para un total de 550 pasajeros
- Cubierta 9 y 10 (tripulación), camarotes suficientes para albergar a 60 tripulantes

Normalmente el *Murillo* hace la ruta Barcelona-Palma, siendo la campaña de verano de 2009 excepcional por hacer la ruta Cádiz-Islas Canarias debido a preferencias logísticas de la compañía.



Vistas de la cubierta 3 (a la izquierda) y de la cubierta 5 (a la derecha).

Hay parte de la cubierta 5 que va al aire libre, esto es para poder transportar mercancías peligrosas (riesgo de explosión y/o inflamación) y/o reefers (contenedores refrigerados) alimentados a gasoil (evitando acumulaciones peligrosas de gases).

¹ No se tienen en cuenta los 405 metros de ancho reducido de los “bodeguines” al no considerarse espacio para carga rodada real.

Propulsión

2. Propulsión

Cuando hablamos de propulsión nos referimos a un conjunto de elementos que permiten que el buque pueda moverse y dirigirse hacia donde se le ordene desde el puente.

Estos elementos, en el caso del *Murillo*, son el motor principal (que proporciona el giro del eje) y su sistema de control (para la captación y procesado de datos), la reductora (que nos da la velocidad de giro del eje adecuada para el acople de las hélices), las hélices (que son las que proporcionan el empuje final al buque) y el sistema de gobierno (para controlar el empuje obteniendo la maniobrabilidad).

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de estos elementos propulsores.

2.1. Motor principal

En el *Murillo*, la *Máquina* (que es como se conoce al motor principal en el argot marino), está formada realmente por 4 motores (2 por cada línea de ejes de hélice) de la marca finlandesa Wärtsilä, de 9 cilindros en línea cada uno, semirrápidos, de ciclo Diesel de 4 tiempos, de inyección directa, sobrealimentados y refrigerados por líquido.

Cada uno de ellos puede dar hasta 5940 kw de potencia máxima a 600 rpm, consiguiendo un total de 23760 kw, suficiente para permitir navegar a unos 22 nudos de velocidad.



Vistas superior e inferior de uno de los motores principales.

El motor está formado, de abajo hacia arriba, por la bandeja del cárter, el bloque motor, la culata, el sobrealimentador y el colector de gases de exhaustación.

El cárter es de tipo seco (esto quiere decir que el motor no se lubrica mediante chapoteo del aceite por parte del cigüeñal, sino que es inyectado allí donde es necesario mediante un complejo sistema de canales internos), por lo que la bandeja sólo sirve como espacio para recoger el lubricante. En su interior aloja los soportes hidráulicos del cigüeñal (que está suspendido), la entrada y la salida de aceite limpio/sucio (para cuando se efectúan renovaciones o rellenados del mismo), el drenaje de aceite hacia el tanque externo (sirve de almacén para el sobrante), y la aspiración de la bomba de lubricación propia del motor (que es la que envía el lubricante donde se requiere).



Vista del cárter con los soportes hidráulicos del cigüeñal.

El bloque motor es la carcasa de la máquina, está hueco (aloja los espacios para refrigeración y lubricación y parte de las piezas del motor) y está lleno de tapas que sirven como accesos a algunas partes del motor (cigüeñal, eje de levas...), remarcando que las tapas del cárter son una seguridad más del motor en caso de sobrepresión por niebla de aceite en el cárter (que conlleva riesgo de explosión). Contiene el cigüeñal, los cojinetes de bancada, el eje de levas, los pistones, los cilindros, las camisas, las bombas de combustible, las bombas de lubricación, las bombas de refrigeración, las tapas del cigüeñal, las tapas del eje de levas, el regulador de velocidad de giro, el detector de niebla, el volante de inercia, el árbol de engranajes para el acople de los ejes de levas y las bombas de refrigeración y de lubricación del motor...



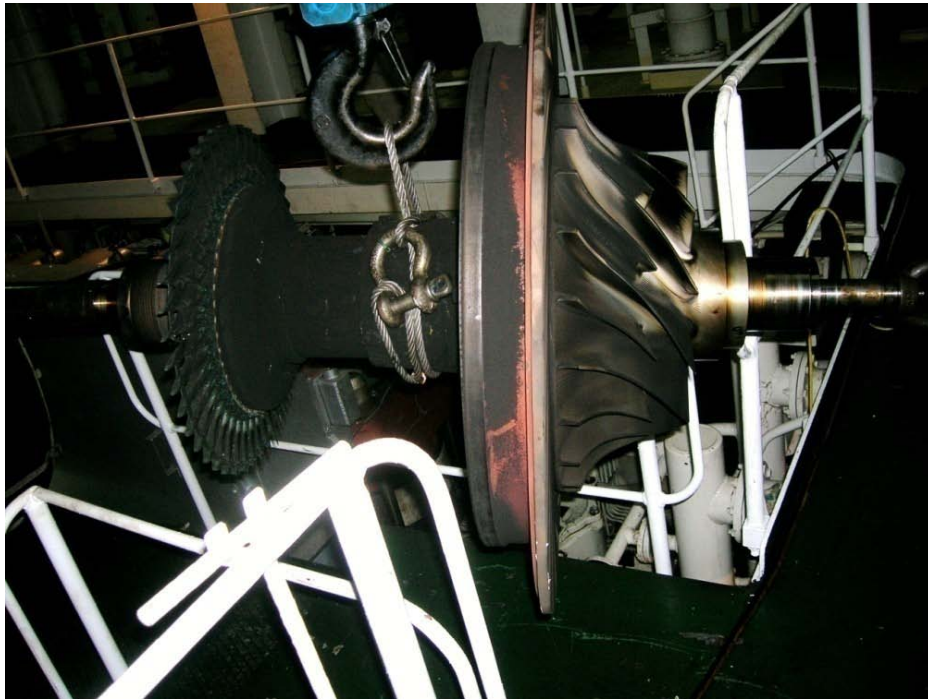
Arriba: vistas de una camisa y el eje de levas. Abajo: un detector de niebla y una bomba de combustible.

La culata cierra el motor por la parte superior y tiene que llevar a cabo el intercambio de gases en su interior y ser capaz de soportar las presiones y temperaturas propias de la combustión, por lo que su función principal es la de garantizar la estanqueidad entre el bloque motor y ella misma. También está hueca, aparte de para contener todos los elementos que aloja, para permitir la refrigeración de los mismos y de sí misma. Contiene las válvulas de escape y las de admisión y sus correspondientes muelles (incluyendo los *Rotocaps*), los balancines y los empujadores, el inyector, la válvula de arranque por aire comprimido, la llave indicadora, la válvula de seguridad, la entrada de aire de carga, la salida de gases de exhaustación...



Arriba: vistas de una culata completa y su parte superior-interna. Abajo: despiece de un inyector.

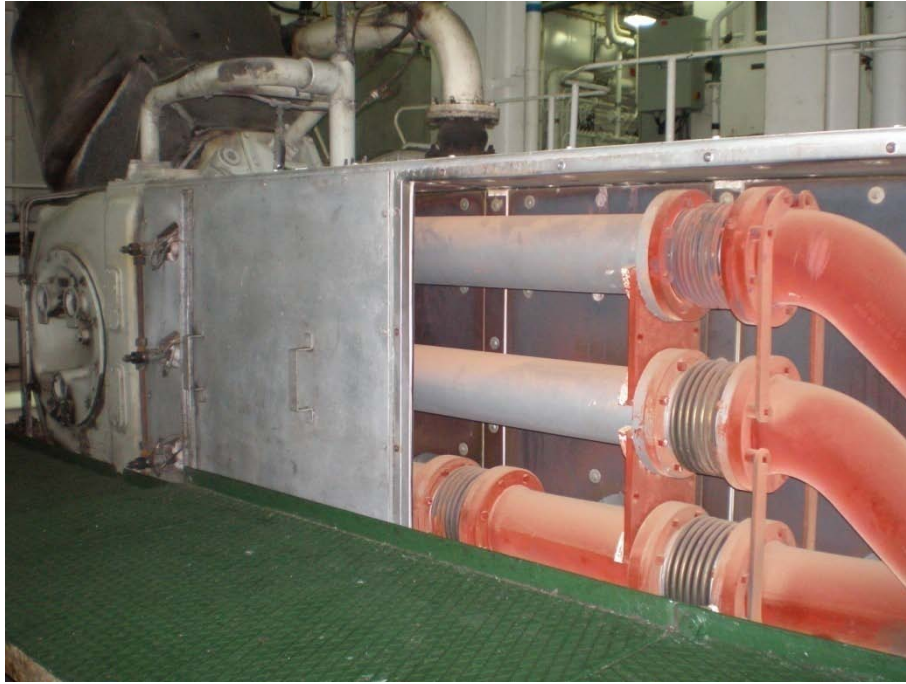
El sobrealimentador está formado por un grupo compresor-turbina. Su función es meter más aire y más rápido de lo que sería normal en el cilindro para conseguir un incremento notable de potencia (la sobrealimentación) mediante el aprovechamiento de la energía cinética que poseen los gases de exhaustación. Estos gases se hacen pasar por el lado de la turbina haciéndola girar tanto a ella como al compresor (pues turbina y compresor forman parte de un único rodete), siendo éste último el encargado de aspirar y comprimir el aire de carga (hasta un máximo de 2,4 bar a 16000 rpm) antes de ser enviado al intercambiador de calor² (que reduce su temperatura de 200°C a 90°C) y entrar al cilindro.



Detalle del sobrealimentador (turbina a la izquierda y compresor a la derecha).

El colector de gases de exhaustación (o gases de escape) está formado por tuberías (una para cada tres escapes, o séase 3 en total) y tiene la función de recoger y dirigir todos los gases procedentes de la combustión dentro de los cilindros hasta la turbina. Debe entregarlos de forma regular y equitativa para evitar fluctuaciones de funcionamiento en el compresor, desgastes irregulares en álabes y/o cojinetes, y vibraciones no deseables en el rodete. Puesto que trabaja con gases que pueden alcanzar los 600° C de temperatura las tuberías del colector están forjadas en un metal resistente a altas temperaturas y están unidas entre sí mediante expansiones para evitar dilataciones críticas. Además, todo el conjunto está cubierto por plancha aislante (llamado caja caliente) para evitar contactos directos con escapes de fluidos (riesgo de incendio) o contactos con los operarios que pudieran trabajar en la zona (quemaduras).

² Los fluidos al comprimirse se calientan y al calentarse se expanden, para evitar este efecto contraproducente enfriamos el aire después de comprimirlo.



Vista del colector de gases, incluyendo las tuberías y las expansiones, el lado de la turbina (a la izquierda) y la caja caliente.

La Máquina tiene además otros circuitos auxiliares asociados, vitales todos ellos para su funcionamiento, tales como lubricación, refrigeración, aire comprimido y combustible, pero al tener descripciones completas en partes más avanzadas de esta memoria, por el momento únicamente se las menciona.

Para finalizar este apartado, y en un tono un tanto más técnico, incluyo en forma de anexos al final del trabajo los posibles problemas de funcionamiento con sus respectivas acciones (Anexo III) y el programa general de mantenimiento (Anexo IV), dados ambos por el fabricante, y las características técnicas del motor, que son las siguientes:

- | | |
|---------------------------------|---|
| • Modelo: | Wärtsilä 9L38 |
| • Ciclo de trabajo: | Diesel de 4 tiempos |
| • Nº de cilindros: | 9 |
| • Disposición: | en línea |
| • Potencia total: | $4 \times 5940 = 23760$ kw |
| • Diámetro del cilindro: | 380 mm |
| • Carrera: | 475 mm |
| • Cilindrada total: | $53870 \times 9 = 484830$ cm ³ |
| • Sentido de giro del motor: | a derechas |
| • Velocidad de giro en carga: | 600 rpm |
| • Velocidad de giro al ralentí: | 320 rpm |
| • Orden de encendido: | 1 – 7 – 4 – 2 – 8 – 6 – 3 – 9 – 5 |

2.2. Sistema de control

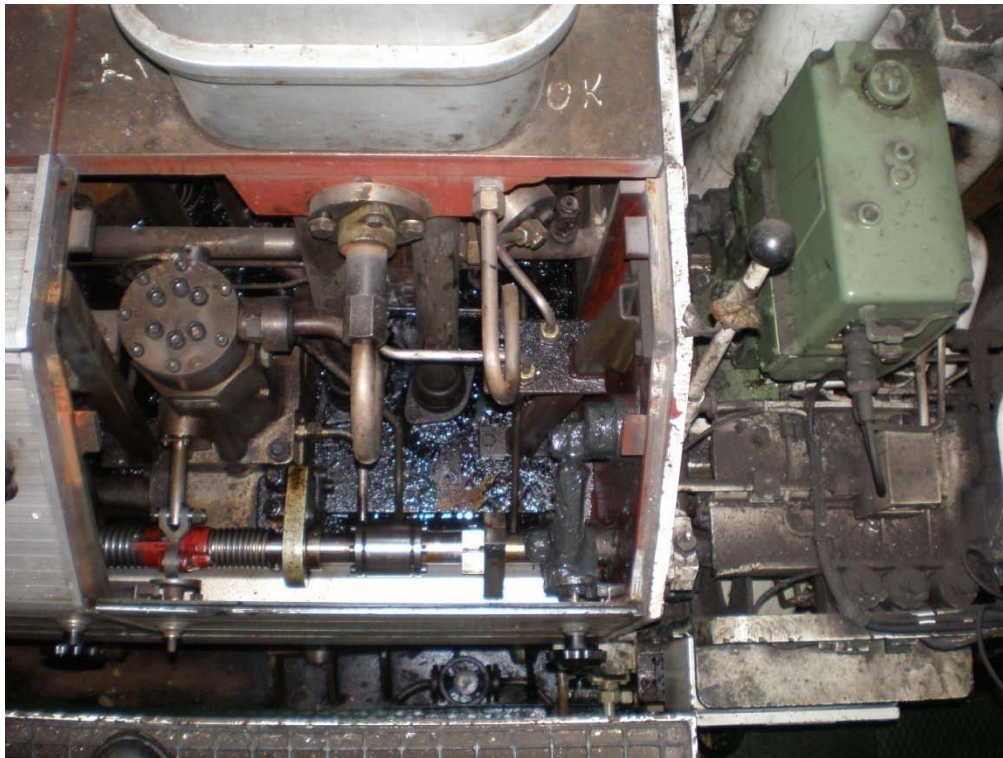
Mención aparte merece el sistema de control del motor principal. Técnicamente se denomina LCS (Local Control System) y es un ordenador bastante complejo, autónomo e independiente, encargado de dirigir y de controlar al motor principal. Los cometidos del LCS son los siguientes:

- Medir la velocidad de giro tanto del motor como del turbocompresor
- Controlar la velocidad de giro y la carga del motor mediante el actuador
- Tener preparados los sistemas de seguridad del motor (tales como paradas)
- Procesar los datos de todos los sensores de alarma y control del motor (temperaturas, presiones...)
- Monitorizar los parámetros importantes del motor
- Comunicar los datos procesados a los sistemas externos (como a cabina de control)



Vistas externa e interna del LCS.

El control de la velocidad de giro de un motor se realiza mediante el control de entrada de combustible al cilindro en función de la carga exigida, es decir, si al motor se le exige más carga pero no inyectamos más combustible éste bajará de revoluciones (pudiéndose calar si es demasiada carga), y si en cambio añadimos más combustible pero sin exigir más carga éste subirá de revoluciones (pudiéndose ir de vueltas). El elemento que se encarga de mantener las revoluciones constantes en función de la carga del motor es el actuador.



Vistas del actuador y el "sable" (derecha), eje común (centro) y conjunto palanca-cremallera (izquierda).

La forma de controlar la cantidad de combustible que se inyecta al cilindro es mediante el movimiento del eje de control del actuador transmitido mediante un brazo mecánico al eje de control común. Esta rotación del eje común se transfiere a través de las palancas a las cremalleras de las bombas de inyección.

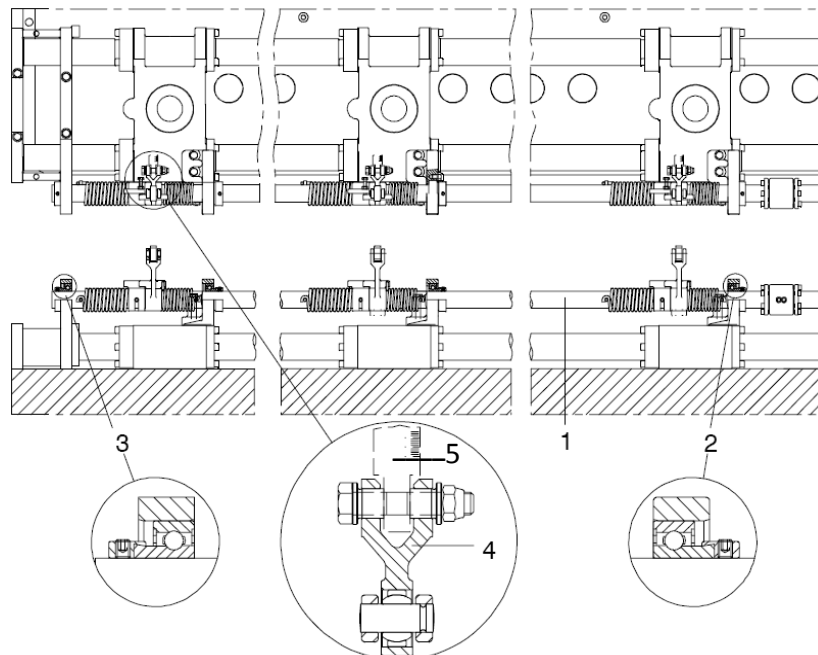
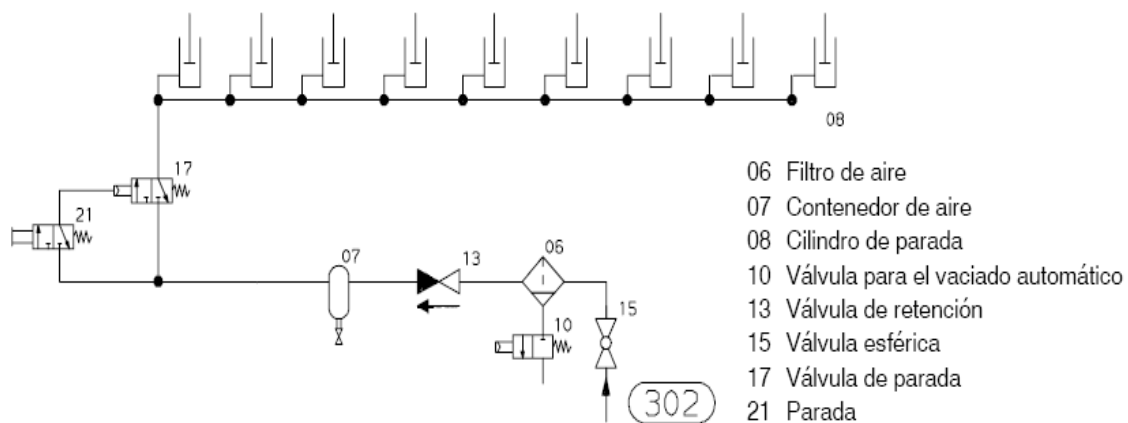


Figura del eje de control común (1), sus correspondientes cojinetes (2 y 3), la palanca (4) y la cremallera (5).

Otra de las tareas del LCS son las paradas del motor. Éstas pueden ser manuales, locales o remotas. Para paradas manuales (que han de ser in situ, o séase en el motor) basta con “colgar” las bombas de combustible al tirar del “sable” del actuador hacia abajo, lo que se hace es girar el eje común de manera que dejamos las cremalleras a cero (no inyectan combustible, esto es “colgar” la bomba). Para paradas locales o remotas siempre pulsaremos un botón (ya sea en la cabina de control o en el propio sistema de control del motor) provocando la reacción del LCS, esta reacción consiste en “colgar” las bombas de combustible mediante aire comprimido (que empuja las cremalleras a la posición de no inyección de combustible) a través de un cilindro neumático colocado en cada bomba de combustible.



Esquema de parada local/remota mediante circuito de aire comprimido.

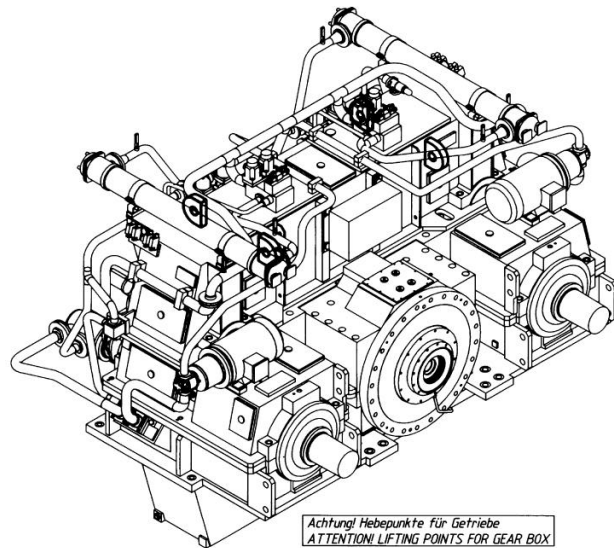
2.3. Reductora

La reductora es otro de los elementos imprescindibles en la propulsión, se encarga (mediante coronas dentadas) de adaptar la velocidad de giro del cigüeñal del motor (que es invariable y más alta de lo requerido) a una velocidad de giro óptima para el eje de las hélices (que ni provoque esfuerzos torsionales extremos en el mismo ni cavitación en las hélices).

Las reductoras (que son 2, una por cada línea de ejes) del *Murillo* son de construcción compacta (cada conjunto pesa 42 toneladas) y totalmente autónomas: la refrigeración, la lubricación, la alimentación eléctrica, las bombas y demás elementos propios de la reductora están en el mismo bloque constructivo. Las reductoras reducen³ de 600 rpm del motor a 139 rpm del eje de las hélices, siendo su factor de reducción de 4,3.

³ En el caso de las PTO (ver más adelante) realmente aumentan la velocidad de giro, pues para que éstas puedan generar energía eléctrica a 60 Hz (frecuencia de alimentación eléctrica de a bordo) deben girar a 1800 rpm (debido al número de polos del alternador), siendo el factor de multiplicación de 3.

Una particularidad de las reductoras del *Murillo* es que tienen 2 entradas y 2 salidas, una entrada para cada uno de los ejes de los motores, una salida para el eje de la hélice, y una salida para el generador de cola, el llamado PTO⁴ (Power Take Off).



Esquema y vista de la reductora.



Vista de la PTO (al fondo) y del eje de la hélice (en primer plano).

⁴ Las PTO (una por reductora) son alternadores encargados de generar la electricidad necesaria para el funcionamiento de las hélices de proa durante las maniobras de atraque/desatraque del buque. Las PTO también se pueden utilizar como planta eléctrica (cada una puede generar hasta 1400 Kw, complementando a los motores auxiliares) en circunstancias concretas.

2.4. Hélices

Las hélices son el elemento propulsor del buque propiamente dicho. Son, por tanto, las encargadas de proporcionar el empuje necesario para mover la gran masa metálica del *Murillo* a través del agua.

En nuestro caso particular disponemos de 2 hélices principales propulsoras que van a popa del buque, y de 2 hélices secundarias colocadas transversalmente en la proa (estando colocadas en alturas distintas una respecto de la otra) y que sirven para facilitar las maniobras de atraque/desatraque del buque.

Las hélices de popa son de accionamiento mecánico (las mueven los motores principales), están formadas por 5 palas de paso variable⁵ (cuyo control es hidráulico), de fundición metálica especial Ni-Al al bronce (resistentes a la corrosión, elásticas y torsionales) y de 4,85 metros de diámetro.



Vistas del sistema hidráulico de control del paso variable y de una de las palas de la hélice.

Las hélices de proa son electro-hidráulicas, lo que quiere decir que las acciona un motor eléctrico (movido por la energía eléctrica generada por las PTO) y que las orienta un motor hidráulico (estas hélices van colocadas en cajas orientables insertadas en el casco del buque). Si tomamos como eje de giro de referencia la popa del buque, las hélices de proa nos proporcionan pivotaje respecto a ese eje, con lo que obtenemos una maniobrabilidad adicional a la hora de ejecutar las maniobras de atraque/desatraque.

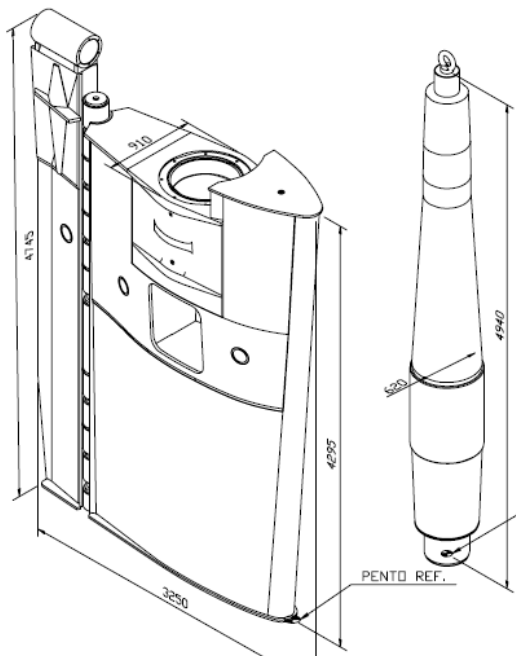
⁵ El paso variable permite que las palas de la hélice puedan rotar sobre el eje de la misma, con lo que se consigue una mayor maniobrabilidad (aceleraciones/desaceleraciones más rápidas) y nos permite ir hacia atrás sin tener que invertir el sentido de giro de todo el conjunto (motores y reductoras incluidos).

2.5. Sistema de gobierno

Todo buque dispone de un sistema de propulsión (ya sea un motor térmico convencional, una turbina de vapor o de gas, o el propio viento), pero éste por sí sólo no proporciona maniobrabilidad a nuestro pecio.

Para conseguir esta maniobrabilidad usamos el timón, que dirige el flujo de agua desplazado por nuestro sistema propulsor hacia una dirección u otra en función del rumbo que se quiera seguir, dándonos de esta forma gobernabilidad sobre la embarcación, convirtiéndose el timón así en nuestro sistema de gobierno.

Para el *Murillo* tenemos 2 timones del tipo suspendido (van colgados del casco del buque) con aletas (que acopladas en el extremo de la pala del timón y que ayudan a conseguir una mayor maniobrabilidad), siendo por tanto timones compensados. Los timones van accionados por 2 servomotores hidráulicos.



Características principales del timón:

- Tipo de timón: HIN R3250/K590
- Área del timón: 12,9 m²
- Longitud de la cuerda: 3,25 m
- Altura del timón: 4,295 m
- Ángulo máximo del timón: 45°
- Ángulo máximo de la aleta: 45°

Esquema de la aleta, el timón y la mecha.

El servomotor es de accionamiento hidráulico, lleva un rotor con álabes en su interior, y va montado directamente sobre la mecha del timón. Cuando el aceite hidráulico a presión empuja los álabes, obliga al rotor y, por extensión, al timón a girar, proporcionando la maniobrabilidad requerida para nuestro buque. La presión del aceite hidráulico la proporcionan unas bombas eléctricas (2 por cada servomotor) situadas en el mismo espacio del servomotor (en la cubierta 2).



Vistas de un servomotor y de una unidad de presión hidráulica.

Sistemas auxiliares

3. Sistemas auxiliares

Una vez vistos los elementos encargados de proporcionar el movimiento y la gobernabilidad del buque, toca centrarnos en aquellos otros elementos (tanto o más importantes) que permiten el funcionamiento de los primeros contribuyendo a la navegabilidad del buque, estamos hablando de los sistemas auxiliares.

Para el caso del *Murillo*, estos sistemas auxiliares son:

- La planta eléctrica
- El generador de emergencia
- El servicio de vapor
- El servicio de combustible
- El servicio de aceite de lubricación
- El servicio de aire comprimido
- El servicio de agua de refrigeración
- El servicio sanitario
- El servicio de aire acondicionado

Tal y como ya se comentó en el apartado de propulsión, los servicios de vapor, combustible, lubricación, aire comprimido y refrigeración, que son sistemas asociados en gran medida a *la Máquina*, tienen aquí sus descripciones detalladas.

3.1. La planta eléctrica

En la gran mayoría de los buques, especialmente en los que transportan pasaje, la electricidad es un elemento tan imprescindible y altamente necesario como el agua dulce o el combustible, pues la mayoría de la maquinaria y de los servicios del buque van con esta fuente energética, siendo de esta forma obligatoria su producción continuada y constante a bordo.

La planta eléctrica se define como el conjunto de elementos capaces de generar energía eléctrica en las condiciones requeridas de voltaje y frecuencia de forma constante, y en la cantidad (o potencia) exigida en cada momento por los consumidores.

La planta eléctrica del *Murillo* consiste en 3 motores térmicos (conocidos como *auxiliares*) acoplados cada uno a un alternador que transforma el movimiento circular del cigüeñal del motor en electricidad en los bornes del alternador, y de un cuarto motor térmico utilizado sólo en situaciones excepcionales (como caída de planta) situado fuera de la cámara de máquinas. Éste último es de tipo distinto a los otros 3 y merece una explicación a parte (véase generador de emergencia).

Los 3 auxiliares son motores de la marca finlandesa Wärtsilä, de 8 cilindros en línea cada uno, rápidos, de ciclo Diesel de 4 tiempos, de inyección directa, sobrealimentados y refrigerados por líquido. Dan una potencia máxima de 1360 Kw cada uno (aunque los alternadores son de 1200 Kw⁶) a una velocidad constante de 900 rpm. Se puede considerar que son iguales a los motores principales pero en menor tamaño y con una simplificación en la mayoría de sus sistemas, por lo que las explicaciones ya dadas son igualmente aplicables para los auxiliares.

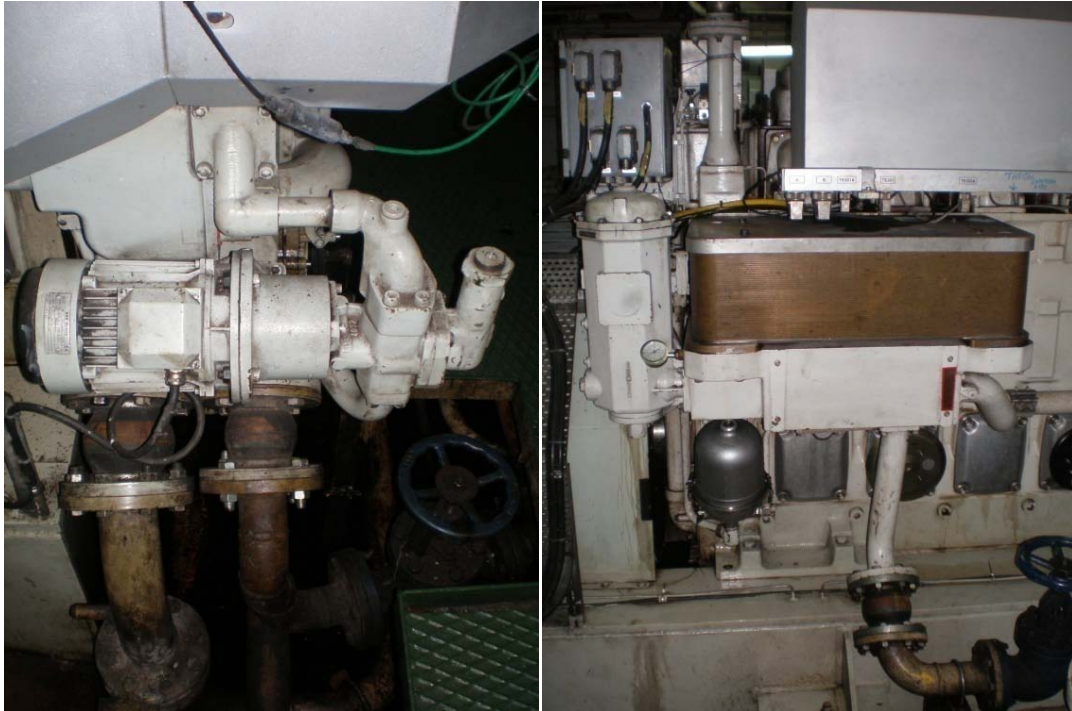


Vista de un motor auxiliar.

Como la gran mayoría de los motores marinos, los auxiliares disponen de prelubricación, circuito de refrigeración de alta temperatura (a partir de ahora AT) y de baja temperatura (a partir de ahora BT), circuito de precalentamiento, y arranque por aire comprimido. Pasemos pues a hacer una breve descripción de cada uno.

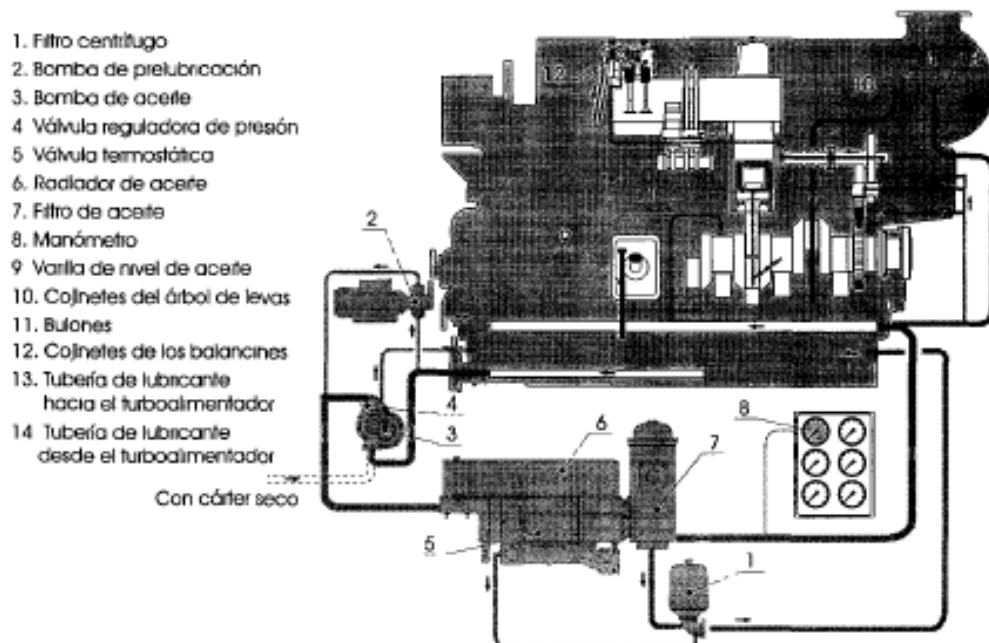
La prelubricación forma parte del sistema de lubricación y sólo es aplicable mientras el motor está parado (se para al arrancar el motor, pues ya entra en juego la bomba de lubricación del propio auxiliar). No es más que una bomba independiente y acoplada al bloque motor cuya función es dar un mínimo de presión al circuito de lubricación interno con la finalidad de tenerlo preparado a la hora de un arranque. Es un elemento muy importante pues el momento en el que un motor sufre más es en los arranques/paradas, ya que al quedarse el aceite sin presión las piezas metálicas rozan entre sí pudiéndose producir un desgaste crítico en alguna de ellas.

⁶ Esto es debido a que se asumen pérdidas mecánicas en la transmisión que une el motor al alternador y a las propias pérdidas internas del alternador.



Izquierda: bomba de prelubricación. Derecha: enfriador de aceite y filtros automático y centrífugo de aceite.

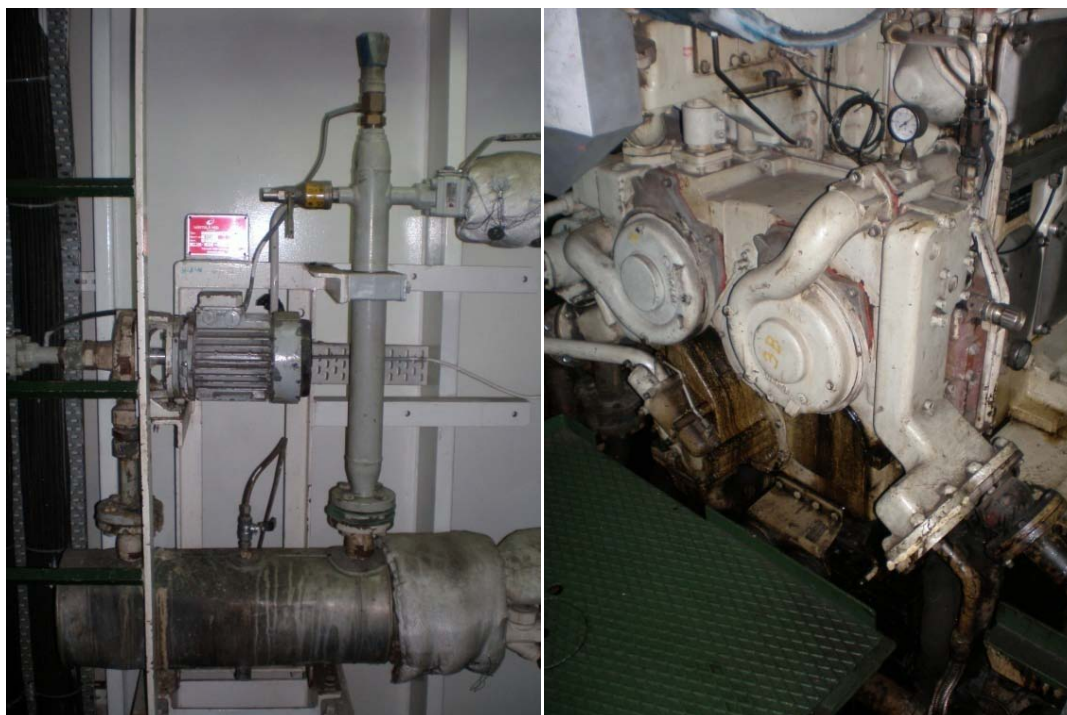
Una particularidad respecto de los motores principales, es que los motores auxiliares llevan el enfriador de aceite incorporado al motor, siendo éste refrigerado por agua del circuito de BT⁷.



Esquema del circuito de lubricación de un motor auxiliar.

⁷ Esto es así debido a la poca cantidad de aceite a refrigerar que contiene en comparación con un motor principal, pues cada motor auxiliar contiene unos 600 litros de aceite, mientras que un motor principal contiene más de 8000 litros de aceite.

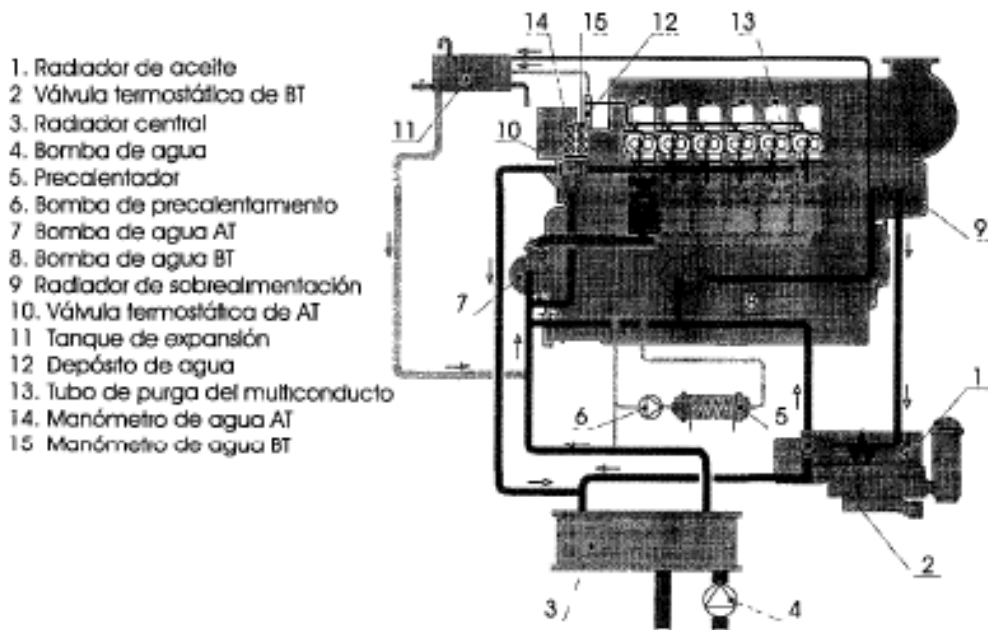
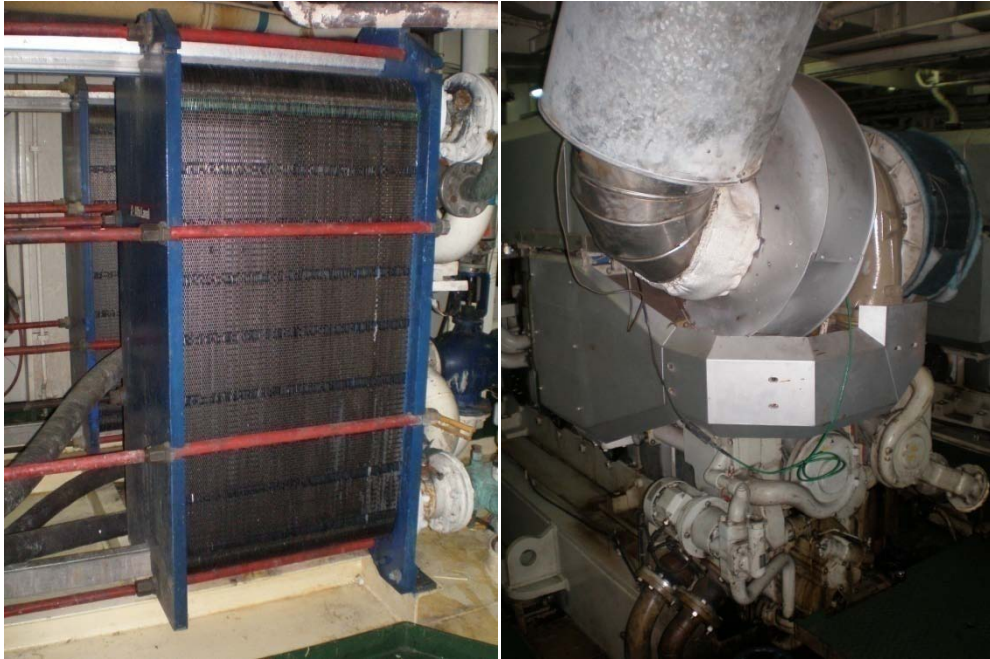
Por lo que respecta a agua de refrigeración primero debemos comentar el precalentamiento. El precalentamiento es otro sistema vital que sólo funciona con el motor parado (igual que la prelubricación), y consiste en una bomba independiente del motor que recoge agua del circuito de AT, la pasa por un intercambiador de calor (se calienta por vapor) y la introduce de nuevo al circuito de AT y de ahí a las partes vitales del motor (las culatas y las camisas), esto es así para mantener una temperatura constante del motor y evitar contracciones/dilataciones críticas de sus componentes por un lado, y para tener una temperatura que facilite los arranques en frío con combustibles pesados (evitando el efecto de *picado Diesel*⁸) por el otro.



Izquierda: el circuito de precalentamiento. Derecha: detalle de las bombas de refrigeración de AT y BT.

Por lo que respecta a los circuitos de refrigeración de AT (alrededor de 80°C) y BT (alrededor de 60°C) cabe decir que son 2 circuitos distintos e independientes entre sí. Como el motor se puede dividir en 2 partes de funcionamiento con temperaturas de refrigeración distintas, se puede afirmar que cada uno de los circuitos refrigera a cada una de estas partes. Así pues, el circuito de BT refrigera el aire de sobrealimentación y el aceite lubricante, mientras que el circuito de AT se encarga de refrigerar las camisas de los cilindros y las culatas. En cada uno de los circuitos hay una válvula termostática (por termoelementos), que es la que determina cuando el agua debe pasar a refrigerarse en el enfriador de agua de refrigeración (el fluido de intercambio es agua marina) antes de volver al circuito de refrigeración a cumplir su función de nuevo y de forma continuada.

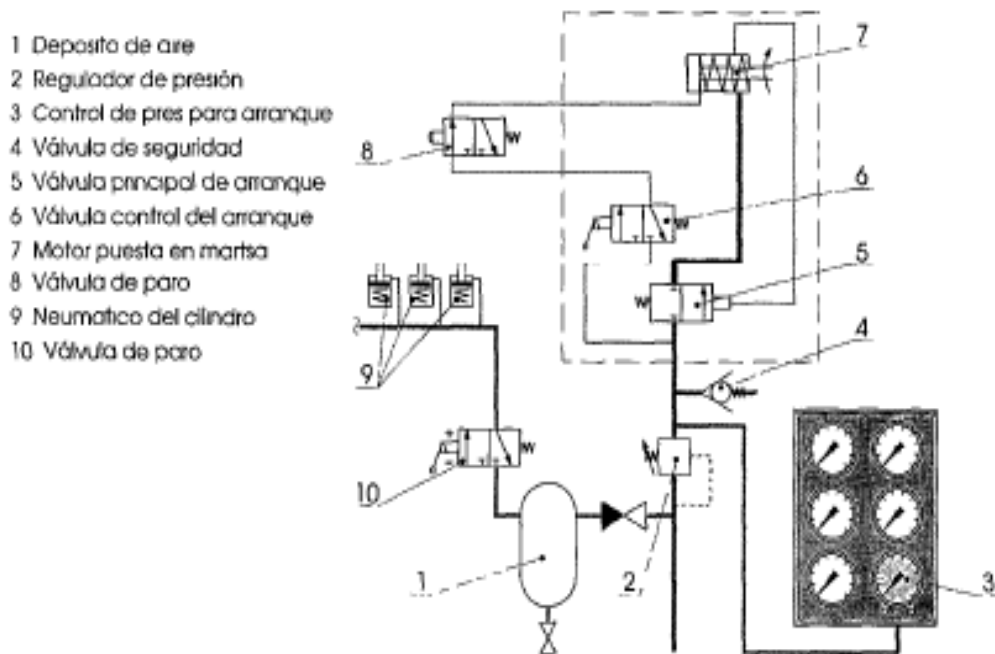
⁸ El *picado* es el resultado de una combustión tardía en el cilindro debido a una temperatura excesivamente baja en él, este retardo de la combustión produce sobrepresiones que pueden dañar elementos internos del motor como las válvulas, el inyector o la junta de la culata.



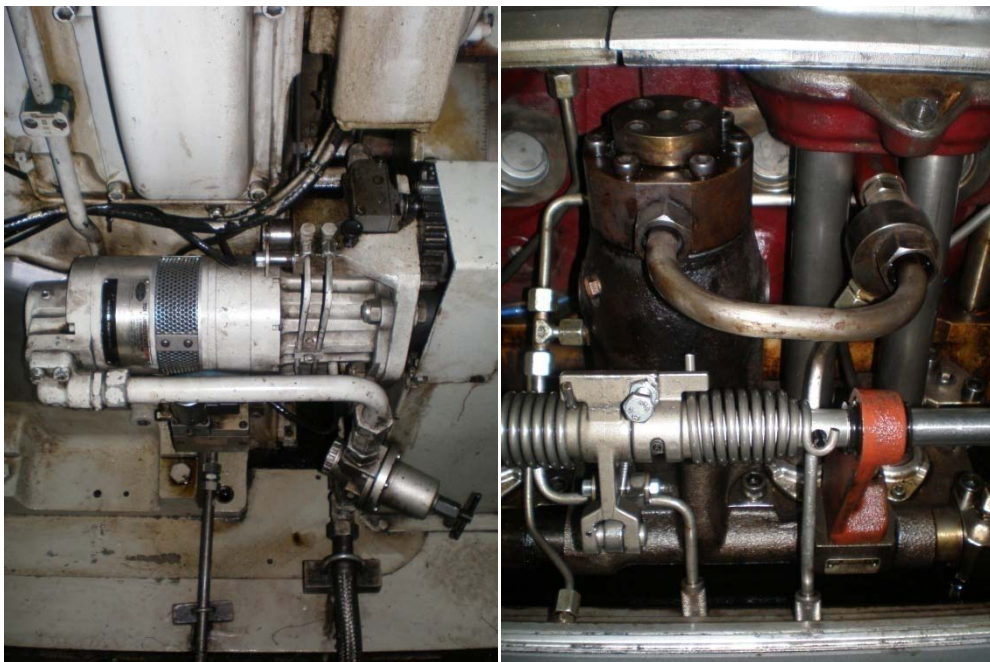
Arriba: detalle del enfriador de agua de refrigeración y del radiador de aire de carga. Abajo: esquema del circuito de refrigeración de un motor auxiliar

Por lo que respecta al aire comprimido cabe remarcar que tiene la misma utilidad que en los motores principales, o séase, para arranques/paradas del motor, existiendo únicamente 2 diferencias:

- La presión de trabajo, que pasa de 24 bar para los motores principales a 10 bar para los motores auxiliares
- El mecanismo de arranque, que pasa de arranque por aire directo al cilindro para los motores principales a un arrancador neumático acoplado al volante de inercia para los motores auxiliares



Esquema del circuito neumático de arranque/parada.



Vistas de un arrancador neumático y de una bomba de combustible.

El último circuito por comentar es el de combustible, que es prácticamente idéntico⁹ al de motores principales (véase una descripción más detallada en partes más adelantadas). También consumen el mismo combustible y en las mismas condiciones de trabajo (temperatura, densidad, viscosidad, presión de inyección...).

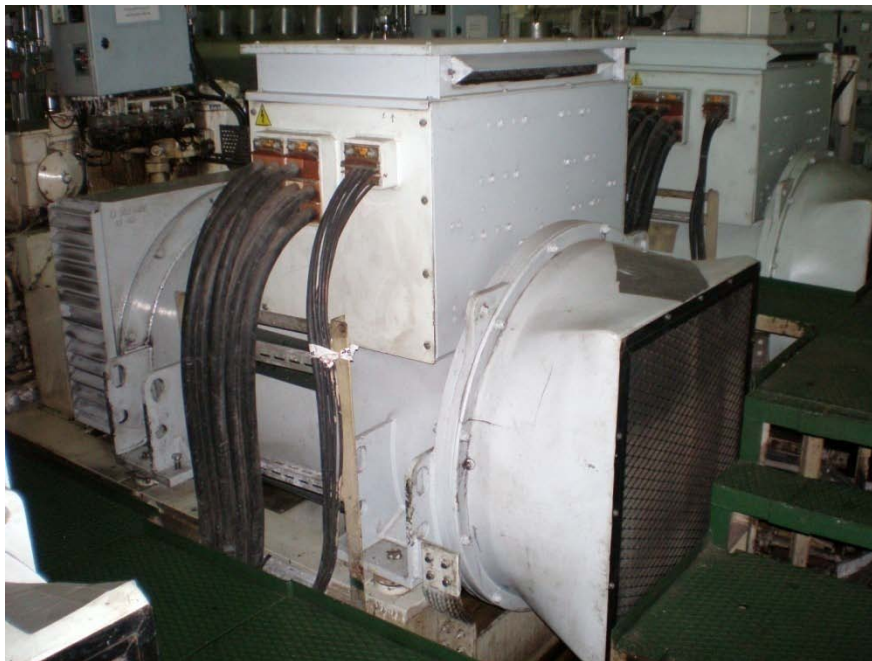
⁹ La única diferencia entre ambos es que el módulo de combustible de *auxiliares* está dividido en dos partes por falta de espacio físico, con lo que una de las partes está donde los módulos de *principales* y la otra está justo donde los *auxiliares*.

Y para finalizar con los motores auxiliares pasamos a dar sus características técnicas, que son las siguientes:

- Marca y modelo: Wärtsilä 8L20
- Ciclo de trabajo: Diesel de 4 tiempos
- Nº de cilindros: 8
- Disposición: en línea
- Potencia total: $3 \times 1360 = 4080$ kw
- Diámetro del cilindro: 200 mm
- Carrera: 280 mm
- Cilindrada total: $8800 \times 8 = 70400$ cm³
- Sentido de giro del motor: a derechas
- Velocidad de giro en carga: 900 rpm
- Orden de encendido: 1 – 3 – 7 – 4 – 8 – 6 – 2 – 5

Y también las de los alternadores:

- Marca y modelo: Leroy Somer A53 S7
- Tipo: trifásico síncrono
- Potencia: 1200 kw (1400 KVA)
- Tensión: 450 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de potencia: 0,8
- Número de polos: 8
- Velocidad de funcionamiento: 900 rpm



Vista de un alternador.

3.2. El generador de emergencia

El generador de emergencia es un elemento de obligada inclusión en los buques del tipo del *Murillo* por temas de seguridad de las personas de a bordo (véase reglamentación SOLAS). Su instalación en el buque se debe a lo que comúnmente se llama “*caída de planta*”, ésta suele consistir en una sobrecarga eléctrica¹⁰ en los generadores eléctricos (los motores auxiliares) que el cuadro principal no es capaz de delimitar a tiempo, y que provoca la *caída*.

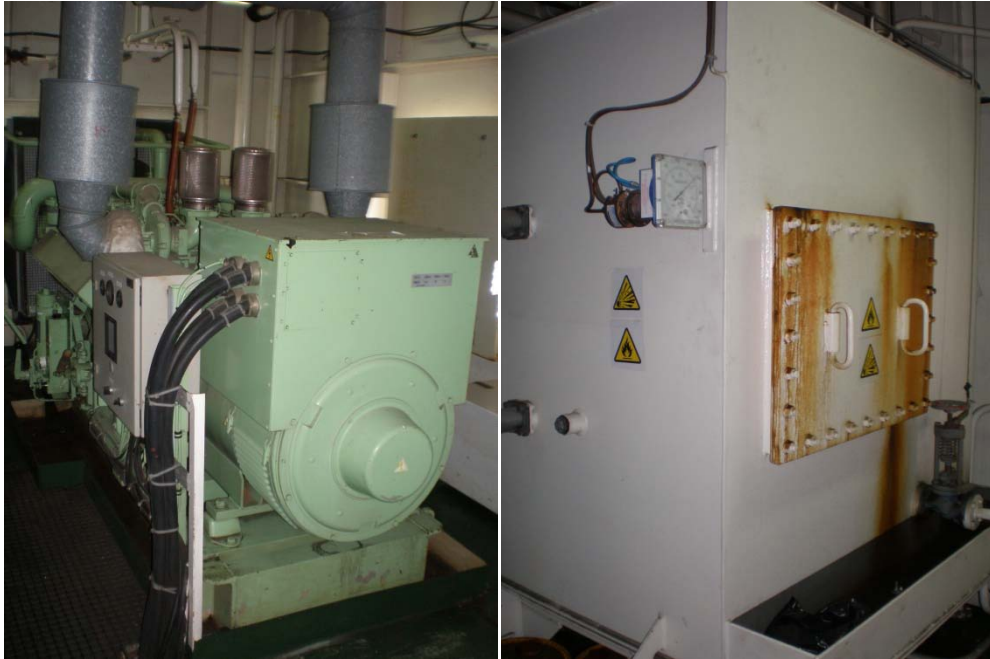
Es decir, ocurre cuando el consumo eléctrico supera a la generación eléctrica. Esta situación es altamente peligrosa y pongamos ejemplos prácticos para facilitar la comprensión del concepto *caída de planta*:

- Las bombas de los módulos de combustible (que son los que alimentan a los motores principales) son eléctricas, con lo que los motores se pararían por falta de combustible
- También podría ocurrir que alguno de los motores *gripara* por falta de refrigeración (ya que las bombas de refrigeración son eléctricas)
- Por otro lado, para arrancar de nuevo los motores requeriríamos aire comprimido y los compresores son también eléctricos
- Por no hablar de que nos quedaríamos sin gobierno (las bombas del servomotor que es el que gira el timón son eléctricas también) y sin comunicaciones (todos los aparatos de radionavegación del puente son de funcionamiento eléctrico)

Así pues, y para evitar este tipo de situaciones tan peligrosas se instala el generador de emergencia, que debe reunir una serie de características, tales como:

- Potencia eléctrica instalada
- Ciclo térmico de funcionamiento Diesel
- Independiente, autónomo y situado fuera de la sala de la máquinas
- Depósito de combustible situado en la misma cámara que el generador con combustible suficiente para un determinado número de horas de funcionamiento
- Alimentación eléctrica a los servicios imprescindibles del buque (gobierno, comunicación, sistemas contraincendios...)
- Fácil arranque en cualquier situación, tanto de forma automática como manual (en caso de fallo del primero)

¹⁰ La sobrecarga es lo más común y sencillo, pero la *caída* podría ser debida a la rotura del motor auxiliar y/o del alternador, a una varada e inundación de la sala de máquinas (de ahí que el generador esté situado fuera de ella)... **Lo realmente importante es que el generador proporcione energía suficiente para el funcionamiento de los servicios mínimos durante el tiempo necesario para recibir auxilio o poder evacuar al pasaje en el caso más extremo.**



Vistas del generador de emergencia (motor y alternador) y del depósito de combustible.

Una particularidad del generador de emergencia (a partir de ahora G.E.) es que tiene salidas tanto para 220V como para 440V y poder abastecer así todos los servicios imprescindibles de a bordo. Algunas de las salidas de 220V serían:

- Alumbrado exterior y de emergencia de cada una de las cubiertas
- Cuadro de servicios de Puente y de Máquinas
- Radar
- Cargador de baterías y otros servicios del G.E.
- UPS de 24V
- Sistema de avisos, alarma general y alarma de CO₂

Y algunas de las salidas de 440V serían:

- Tifón
- Chigres de los botes salvavidas y de los de rescate no rápido
- Ascensores de pasaje y de tripulación y escaleras mecánicas de a bordo
- Sistema Hi-Fog (uno de los sistemas contraincendios del buque)
- Bombas de los rociadores (*sprinklers*) y del sistema contraincendios
- Las UPS de 440V (son 2)
- Sistema hidráulico de apertura/cierre de las válvulas de lastre y sentina
- Bombas de lastre y sentina
- Bombas de prelubricación y de gasoil
- Compresor de aire de arranque nº2 y bomba de refrigeración del mismo
- Bombas de los servomotores nº1 y nº4 (para ambos timones)
- Ventiladores del local del G.E. y los de la sala de máquinas

Pasemos ahora a dar las características técnicas del motor del generador de emergencia:

- Marca y modelo: MAN D2842 LE
- Ciclo de trabajo: Diesel de 4 tiempos
- Nº de cilindros: 12
- Disposición: en "V"
- Potencia total: 440 kw
- Diámetro del cilindro: 128 mm
- Carrera: 142 mm
- Cilindrada total: $1830 \times 12 = 21960 \text{ cm}^3$
- Sentido de giro del motor: a izquierdas
- Velocidad de giro en carga: 1800 rpm
- Sistema de arranque principal: motor eléctrico automático/manual
- Sistema de arranque secundario: hidráulico manual

Y también las del alternador:

- Marca y modelo: Stamford HCM534E
- Tipo: trifásico síncrono
- Potencia: 470 kw (590 KVA)
- Tensión: 3 salidas a 450 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de potencia: 0,8
- Velocidad de funcionamiento: 1800 rpm
- Aislamiento del estator/rotor: clase H/H
- Calentamiento del estator/rotor: clase F
- Protecciones: tipo IP23 con refrigeración IC01

Antes de acabar este apartado haremos una reseña, pues en los buques de nueva construcción se instala un complemento neumático para ayudar a "levantar" las *caídas de planta*: la bomba de *Black-out*.

Hoy en día todas las plantas eléctricas de los buques tienen sofisticados sistemas informáticos que gestionan de forma automática la mayoría de los procesos de a bordo, incluido la *caída de planta*, así pues, después de una *caída*, todo buque debe ser capaz automáticamente de *levantar* la planta eléctrica (con la ayuda del generador de emergencia, por supuesto), pero existe un problema: utilizamos fuel como combustible (que es viscoso y espeso ya en condiciones favorables) y nuestros módulos de combustible se quedan sin vapor para hacerlo fluido y adecuado como combustible y poder enviarlo a consumir a los motores auxiliares.

¿Qué hacer entonces? Pues se instala una bomba de accionamiento neumático, la de *Black-out*, para seguir alimentando de combustible¹¹ a los motores auxiliares cuando ocurre la *caída de planta*, esta bomba funciona mediante aire comprimido (recordemos que en caso de *caída* uno de los compresores de aire y su bomba de refrigeración correspondiente tienen suministro eléctrico, y por tanto funcionan) y viene comandada por una electroválvula del tipo “normalmente cerrada”, es decir, que cuando le llega tensión está en posición “cerrada” bloqueando el paso de aire, y que cuando se queda sin tensión (como cuando tenemos una *caída de planta*) se queda en posición “abierta”, dejando pasar el aire hasta la bomba, activándola y empezando ésta con el bombeo de combustible hacia los motores auxiliares, evitando así su parada por falta de combustible o por taponamiento del fuel en las tuberías al quedarse éste frío¹².



Vistas de la bomba de Black-out y de la electroválvula de tipo “normalmente cerrada”.

3.3. El servicio de vapor

El vapor es otro de los elementos imprescindibles en un buque moderno, y no porque cumpla una función técnica estricta como el aceite lubricante o el agua, sino más bien por cumplir una función secundaria (debemos tener en cuenta que el vapor se utiliza únicamente para calentar) debido al tipo de combustible consumido en el buque: el fuel.

¹¹ Utilizamos gasoil, pues no necesita ser calentado ni filtrado continuamente como el fuel para ser fluido y útil como combustible para los motores auxiliares.

¹² El gasoil no sólo es un buen combustible, sino que además, disuelve muy bien el fuel, evitando que tapone las tuberías.

El fuel es, en condiciones ambientales estándar (unos 22°C de temperatura), viscoso y espeso, además de “sucio” (suele contener partículas metálicas, arena, agua...), pero el fuel tipo IFO 380 (el consumido mayoritariamente por la flota mercante) es especialmente viscoso, espeso y “sucio”.

Todo esto acarrea una serie de problemas como dificultad en el almacenamiento, filtrado, bombeo, inyectado o combustión del fuel. De todos ellos, los relacionados con la viscosidad se solucionan mediante la temperatura. Es decir, al aumentar la temperatura del fuel disminuimos su viscosidad y lo hacemos útil como combustible, y es aquí donde entra en juego el vapor.

El vapor no es más que agua destilada y tratada químicamente¹³ (para la conservación de todos los elementos del circuito por los que circule), evaporada mediante temperatura. El servicio de vapor se puede simplificar básicamente a:

- Almacenamiento/retorno de agua
- Alimentación de agua a los generadores de vapor
- Generación y circulación de vapor
- Consumición/retorno de vapor

El almacenamiento/retorno de agua, es un tanque, el de observación de purgas y filtrado del agua de alimentación, cuya misión es abastecer de agua limpia (está compartimentado para separar hidrocarburos por decantación de posibles fugas de los tanques que calentamos) a los generadores de vapor y recoger los retornos de los consumidores (pudiéndose rellenar para compensar pérdidas o consumo de vapor).



Vista del tanque de observación de purgas y filtrado de agua de alimentación.

¹³ Se añade química al agua para mantener bajo el nivel de cloro de la misma (evitando depósitos y obstrucciones) y mantener alto su pH (evitando corrosión en los elementos del circuito).

Las 2 bombas de circulación de agua son la “alimentación de agua a los generadores de vapor”. Estas bombas de circulación son del tipo por etapas (formadas por diferentes bloques consistentes en cuerpo-impele-cuerpo, a más etapas más presión de salida del fluido) y su función es la de bombear el agua del “tanque de observación de purgas y filtrado de agua de alimentación” hacia la caldera (uno de los generadores de vapor) en caudal y presión suficiente.



Vista de las bombas de circulación de agua.

Para la generación de vapor tenemos dos opciones, si estamos atracados utilizaremos la caldera, y si estamos en navegación utilizaremos los economizadores.

La caldera es de la marca danesa Aalborg, de tipo aguatubular (el agua va dentro de un serpentín alojado encima y alrededor del hogar, yendo los gases calientes procedentes de la combustión por fuera de éste), va alimentada por gasoil (por simplificación del sistema) y es suficientemente voluminosa como para ocupar en altura 2 cubiertas. Sus características técnicas son las siguientes:

- Marca y modelo: Aalborg Mission OS 3300
- Altura/diámetro: 4,2 m/2,17 m
- Peso de la caldera (sin agua): 8700 kg
- Peso de la caldera (con agua): 13800 kg
- Generación de vapor: 2900 kg/h
- Presión de trabajo del vapor: 7 bar
- Temperatura de trabajo del vapor: 170°C
- Gases de combustión generados: 3640 kg/h
- Temperatura de los gases: 327°C



Arriba: vistas superior e inferior de la caldera. Abajo: vista del quemador o mechero de la caldera.

La producción de vapor en el caso de la caldera (sólo si estamos atracados o fondeados) consiste en calentar el serpentín de agua continuamente con los gases procedentes de la combustión del gasoil inyectado a través del mechero en el hogar, el agua irá cogiendo temperatura y empezará a evaporarse, después se separará el vapor de la poca humedad existente en un tanque interno (mediante impedimentos físicos) y finalmente sólo el vapor seco acumulado¹⁴ será el distribuido a los consumidores.

¹⁴ Debe remarcarse que aunque la caldera no será siempre el generador de vapor, sí será siempre el acumulador del mismo, pues los economizadores no tienen volumen físico para almacenarlo, sólo para generarlo, y éstos una vez producido el vapor, lo envían a la caldera (aunque ésta no funcione).

Por lo que respecta a los economizadores o calderetas de gases de escape (sólo utilizados si estamos en navegación), se dirá que son 2 (uno para cada par de motores, o séase, uno a babor y otro a estribor), que son un serpentín de agua (similar al de la caldera) colocado dentro del silenciador de gases de escape de los motores principales, y que aprovechan la energía térmica de los gases de combustión de los *principales* para intercambiar calor con el agua del serpentín (la diferencia de temperatura entre ambos fluidos puede ser de unos 300°C), produciendo así el vapor necesario para nuestros consumidores (en realidad se produce más vapor con los economizadores que con la caldera).

De esta forma ahorramos mucho combustible (el gasoil que consume la caldera, que además es más caro que el fuel que consumen los *principales*) y aumentamos el rendimiento térmico del conjunto. Un inconveniente de usar los economizadores es que los gases de la combustión procedentes de los principales, y generados por el consumo de fuel, son mucho más sucios (contienen muchos inquemados y partículas abrasivas) que los generados por la combustión de gasoil en la caldera, con lo que tienden a ensuciarse (taponándose y evitando tanto la circulación de los gases de escape como el intercambio de calor entre éstos y el agua del serpentín) y a provocar la aparición de poros en el serpentín (con las consecuentes pérdidas de vapor y la inutilidad del economizador).

Para evitar el taponamiento de los serpentines de agua, colocamos una toberas de aire comprimido debajo de los mismos (y dentro de la *caldereta*) y soplamos aire a 30 bar de presión (únicamente si estamos a más de 12 millas de la costa) 2 veces al día para eliminar toda la acumulación de carbonilla procedente de los gases de escape.



Diferentes vistas de los economizadores o calderetas de gases de escape.



Izquierda: detalle de los sopladores. Derecha: detalle de las entradas de agua al “tanque de agua” del economizador (las laterales) y de la salida de vapor del “tanque de vapor” (en el centro).

Las “bombas de circulación” se utilizan únicamente para enviar fluido (normalmente agua caliente, pero también vapor o una mezcla de ambos) desde la caldera hacia los economizadores, por lo que sólo funcionan con el buque en navegación¹⁵. Son bombas especiales, pues debido a la alta temperatura del fluido de bombeo algunos elementos de la bomba (acople flexible, cojinetes, sello mecánico, impulsor...) deben ser fabricados en configuraciones y/o materiales específicos.



Vista de las bombas de circulación de vapor.

¹⁵ Debemos tener en cuenta que las bombas de alimentación de agua sólo abastecen a la caldera.

Finalmente, los consumidores de vapor. Éstos son básicamente los serpentines de los tanques en los que se almacenan los hidrocarburos (ya sean combustibles o lubricantes) y las tuberías por las que circulan los mismos (como vapor de acompañamiento) para calentarlos y hacerlos fluidos y fácilmente bombeables.

Cabe recordar que entra vapor, éste cede calor, y al hacerlo se condensa, con lo que a la salida de los consumidores deberíamos tener agua, a partir de aquí tenemos 2 opciones, o bien ir al *condensador de control* y de allí al *tanque de observación de purgas y filtrado de agua* (normalmente en navegación), o bien directamente a dicho tanque y de allí a la caldera (normalmente en puerto).

Pasemos ahora a ver una lista completa de todos los consumidores de vapor del *Murillo*:

- Tanques de almacenamiento de fuel/aceite/lodos.
- Tomas de mar (únicamente para su limpieza, no hay retorno de vapor).
- Calentador de agua sanitaria y aire acondicionado.
- Purificadoras de fuel/aceite/diesel.
- Precalentamiento de motores principales y motores auxiliares.
- Separador de sentinas (para facilitar la descarga de lodos y para su limpieza).
- Generador de agua destilada (como fluido del foco caliente).
- Tuberías de acompañamiento (fuel/aceite/lodos).



Izquierda: entrada y salida del serpentín de calentamiento de un tanque de combustible. Derecha: entrada de vapor al generador de agua dulce.

3.4. El servicio de combustible

El combustible es otro de los fluidos vitales de cualquier buque moderno, pues sin él no tenemos propulsión, y por extensión, no podríamos navegar. En el Murillo consumimos el tipo de combustible estándar de la mayoría de la flota mercante mundial: el fuel.

Como ya se comentó, el fuel es un combustible pesado, y como tal es problemático, pues tiene altas viscosidades y densidades (lo que nos obliga a calentarlo para hacerlo fluido), tiene un poder calorífico algo inferior al de los combustibles destilados más ligeros (lo que conlleva un mayor consumo para igual potencia) y contiene altas concentraciones de metales como vanadio, sodio o aluminio y otros elementos como el azufre que provocan corrosiones y abrasiones en el motor y son altamente contaminantes para el medio ambiente.

El hecho de que se siga consumiendo sólo viene justificado por el tema económico, pues es un “residuo” de la destilación del crudo en las petroquímicas, relativamente abundante¹⁶ y barato.

En particular, se consume el fuel de tipo IFO 380 (Inter Fuel Oil de 380 cSt¹⁷ a 40°C, a mayor número mayor viscosidad), o seáse, tenemos un fuel con una viscosidad de 380 cSt y una densidad de 0,969 kg/m³ a 40°C¹⁸.

Si tenemos en cuenta que debe tener una viscosidad de aproximadamente 15 cSt antes de ser consumido en el motor, y que viscosidades por encima de 1000 cSt hacen casi imposible su bombeo (existen dichos combustibles), entendemos lo importante que es el calentamiento, y por extensión el vapor, en cualquier buque con este fuel como combustible.

En el caso concreto del IFO 380, se necesita calentarlo en torno a los 120°C para conseguir los 15 cSt de viscosidad, una temperatura que requiere mucha energía en el calentamiento del combustible y que complica bastante el diseño de un sistema que nos proporcione el fuel a esa viscosidad.

Otro de los problemas que conlleva el consumo de fuel es su grado de “suciedad”. Al ser un combustible pesado y residual suele contener gran cantidad de elementos semisólidos como los precipitados propios del hidrocarburo (ceras), o incluso sólidos y líquidos como la arena y el agua. Todo ello nos obliga a además de calentar el fuel, a filtrarlo y a limpiarlo.

¹⁶ Ahora que queda el crudo molecular más “pesado” (más difícil de destilar y con un rendimiento en destilados muy inferior al crudo “ligero” de las décadas pasadas), se puede considerar al fuel el más abundante de los subproductos obtenidos por la destilación directa del petróleo.

¹⁷ El cSt es una unidad de medida de viscosidad, equivale a aproximadamente 1 mm²/s (SI).

¹⁸ Para hacernos una idea de lo viscoso y denso que es el fuel una comparación: el diesel marino tiene alrededor de 15 cSt y una densidad de 0,845 kg/m³ a temperatura ambiente.

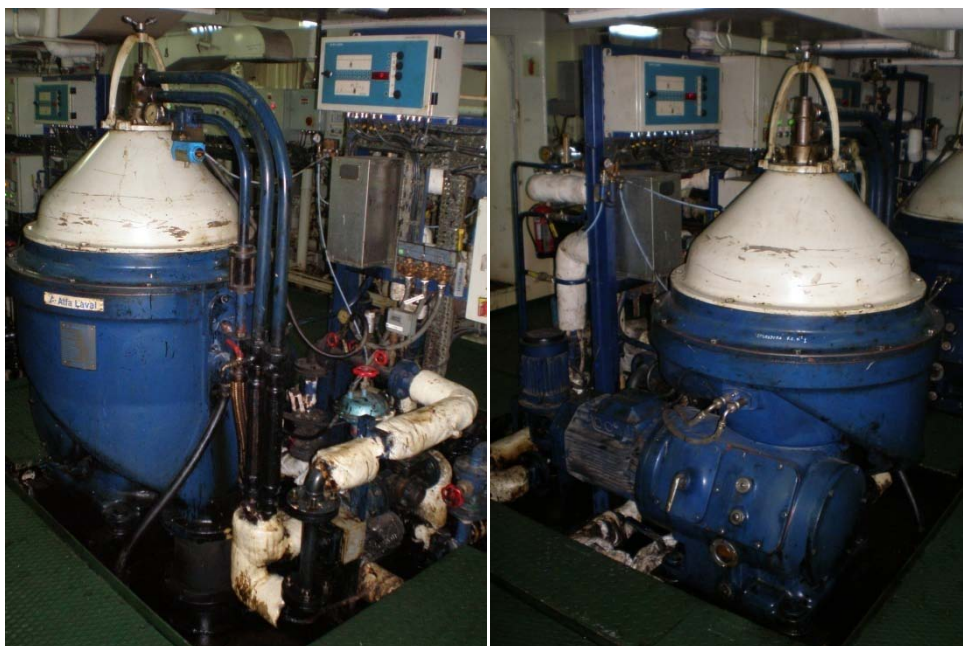
El filtrado se hace desde el momento en el que el fuel es embarcado a través de la gabarra hasta el momento en el que se consume en los motores. Cuando hacemos combustible, la propia toma del mismo ya incorpora un filtro de canastilla (para sólidos grandes), de aquí pasa a los tanques de almacén y sedimentado (siempre con acompañamiento de vapor en la tubería y tanques calentados vía serpentín de vapor) antes de ser aspirado por la purificadora de fuel (que lo “limpia”) y ser mandado al tanque de servicio diario, de donde será aspirado por el módulo de combustible (tiene filtros automáticos y manuales de rejilla fina) y de aquí al filtro doble de combustible (de rejilla muy fina) antes de ser consumido finalmente en el motor. O sea 3 filtrados, una purificación y un calentamiento continuo antes de ser consumido.



Vistas de la gabarra de combustible y el filtro doble de combustible (la primera y la última etapa del fuel antes de ser consumido).

Hablemos ahora de la purificadora de fuel. Ésta es sin duda un elemento vital en lo que al servicio de combustible se refiere, pues ella sola es capaz de “limpiar” el fuel únicamente con agua y la fuerza centrífuga. Porque de hecho eso es lo que hacemos con el fuel, centrifugarlo.

La purificadora funciona por el principio físico de insolubilidad entre fluidos (el agua y el fuel son inmiscibles) y la separación mediante fuerza centrífuga aplicada a 2 fluidos con diferente densidad (el agua 1000 kg/m^3 y el fuel 969 kg/m^3), o sea, si tenemos fuel y agua mezclados, éstos de por sí ya tienden a separarse, si además los centrifugamos en una serie de platos internos, el fluido de mayor densidad tiende a separarse (arrastrando consigo sólidos y semisólidos existentes en el fuel) impactando hacia las paredes de la purificadora (son los lodos de combustible), mientras que el de menor densidad (el fuel) queda en el centro y en el fondo limpio y libre de impurezas.



Vistas de la purificadora de combustible.

Características técnicas de la purificadora de combustible:

- Fabricante y modelo: Alfa Laval FOPX 614 TFD-24
- Densidad del combustible: hasta 1010 kg/m³
- Temperatura de trabajo: según combustible (hasta los 98°C)
- Caudal de trabajo: según combustible (hasta 15200 l/h)¹⁹
- Producción de lodos: 11 litros por descarga
- Número de descargas: 2,5 por hora (modificable)



Vista posterior de la purificadora (tuberías de aspiración y descarga, calentamiento y demás).

¹⁹ En realidad no supera los 4000 l/h para IFO 380 por recomendación expresa del fabricante del motor, pues no se garantiza una limpieza total del fuel con un caudal superior.

Ahora hablaremos de los módulos de combustible. El módulo se encarga de preparar el combustible ya limpio y procedente del tanque de servicio diario para su consumo final en los motores, ya sean los principales o los auxiliares.

Esta preparación consiste exactamente en:

- Aspirar el fuel del tanque de servicio diario en cantidad suficiente (caudalímetro) a través de las bombas de alimentación.
- Separar el fuel de los posibles vapores generados por el calentamiento del mismo en el tanque de desaireación (que también hace de mezclador con el fuel sobrante enviado a motores).
- Bombear el fuel a la presión suficiente (en función del consumo derivado de la carga de los motores) hasta su consumo a través de las bombas de circulación.
- Calentar el fuel a la temperatura adecuada en función de la viscosidad requerida (viscosímetro) en su consumo a través de los calentadores.
- Filtrar el fuel por enésima vez en el filtro automático antes de enviarlo a las bombas de combustible de los motores para ser consumido.



Vista del módulo de combustible.

Hagamos ahora un inciso sobre el consumo final del fuel en los motores. Una vez listo y adecuado para su consumo, el fuel pasa del circuito de baja presión de combustible²⁰ (desde los módulos hasta la bomba de combustible) al circuito de alta presión de combustible²¹ (desde la bomba hasta el inyector).

²⁰ A entre 5 y 8 bar de presión de media.

²¹ A 450 bar de presión.

El caudal de combustible enviado al inyector es superior al requerido para hacer frente a cambios repentinos en el consumo por variación de carga de los motores, este exceso es el retorno de combustible que es el que se añade de nuevo en el tanque desaireador del módulo de combustible (en el circuito de baja presión). La presión de inyección es de 450 bar tanto para motores principales como para motores auxiliares.



Izquierda: tanque desaireador. Derecha: tubería de rebose de combustible.

Finalmente explicaremos porqué el *Murillo* tiene en realidad dos tipos de combustible, el de alto contenido en azufre (ACS) y el de bajo contenido en azufre (BCS), aunque ambos son IFO 380.

La normativa europea, en consonancia con su lucha contra la contaminación, obligará a partir del 1 de enero de 2010 a todo buque que transporte pasaje con puertos de origen y destino dentro de la Unión Europea, a consumir un combustible que contenga una cantidad de azufre inferior al 1,5% en masa siempre que se encuentren a menos de 12 millas de la costa. Hasta hora se venía consumiendo el fuel ACS con entre un 2,4% a un 4,5% de azufre en masa.

Esto supone un reto para la flota mercante dedicada al transporte de pasaje, pues obliga a incluir el doble de tanques (técnicamente tenemos 2 combustibles distintos, siendo el BCS más caro que el ACS) con su tubería y valvulería correspondientes, requiriendo el fuel BCS el mismo tratamiento que el ACS con los mismos elementos de a bordo (filtrado, purificado, calentado...), y todo esto para una flota que no había sido diseñada ni preparada para tal cosa. Por suerte, en el *Murillo* había espacio suficiente para proceder a tamaña empresa y cumplir así la normativa medioambiental desde este mismo año ya, anticipándose así a su entrada en vigor.

3.5. El servicio de aceite lubricante

Todos los elementos mecánicos con partes móviles (sobre todo los metálicos) necesitan un fluido que sea capaz de crear una capa intermedia entre las partes móviles y en contacto para impedir fricciones a “hueso” entre ellas y evitar así los temibles desgastes, o incluso soldadura de las piezas entre sí por rozamiento.

Este fluido lubricante, ya sea semisólido (grasas) o líquido (aceites), es tanto más importante a más grandes y pesadas sean las piezas y mayores sean las superficies de contacto entre ellas.

En realidad, toda la maquinaria existente en el Murillo está lubricada de una forma u otra, ya sean bombas, compresores, o lo que más nos interesa, motores térmicos (siendo el aceite una de las puntas del triángulo de fluidos vitales en un motor térmico, junto con el agua y el combustible).

Y en el caso particular del Murillo, el aceite tiene un recorrido y un tratamiento muy similares al del fuel. También se embarca por el costado a través del búnker, se almacena en un tanque propio, se limpia a través de una depuradora de aceite (muy similar a la de fuel) y se envía al cárter del motor que lo vaya a utilizar.

¿Las diferencias? No requiere acompañamiento de vapor ni serpentín en el tanque de almacén al ser mucho más fluido que el fuel, requiere muchos menos filtrados al ser un fluido mucho más limpio, y el único hecho por el que se pone la purificadora es por el efecto limpiante del aceite, que arrastra todas las partículas de suciedad y desgaste propios de los elementos del motor.

Veamos pues qué características debe tener el aceite de motor:

- La primera de todas es que aparte de ser un buen lubricante, debe poseer buenas características térmicas, pues además de lubricar, el aceite se encarga de enfriar los elementos por los que circula (de ahí que debamos refrigerarlo a lo largo del circuito).
- Debe ser capaz también de neutralizar los productos de la combustión (hollín, inquemados, SOx, NOx, agua, CO₂...) que acaban en el cárter a través del pistón, y que suelen provocar corrosión/oxidación en las piezas del motor.
- En consonancia con el anterior punto, debe ser estable químicamente, pues dentro del cárter está sometido a grandes presiones y altas temperaturas, lo que suele dispersarlo en forma de neblina entrando en contacto con la atmósfera contaminada del cárter (los productos de la combustión), provocando su degradación y la aparición de precipitados y ácidos.

- Y debe ser limpiante (evitar incrustaciones y eliminar las ya existentes) y antiespumante (el aire de la espuma impide al aceite lubricar las superficies en contacto al ocupar éste su lugar).

Todo ello nos obliga a realizar periódicamente un análisis químico completo del aceite para determinar sus propiedades lubricantes (viscosidad, dispersión, alcalinidad...) y su grado de contaminación (contenido en metales, insolubles y otros productos no eliminables a través de la purificación), y poder anticiparnos así a una o a varias averías provocadas por su mal estado (por ejemplo, si encontramos que su viscosidad ha disminuido a la mitad hay que renovarlo inmediatamente, pues no está lubricando; otro ejemplo, si encontramos muchas partículas metálicas es que hay un desgaste anormal en alguna de las piezas lubricadas, con lo que deberemos encontrar dicha pieza y solucionar la causa del problema).

Pasemos ahora a detallar el recorrido del lubricante a lo largo del circuito, desde que sale del motor hasta que vuelve a él.

Lo primero es el bombeo, para que el lubricante fluya y cumpla con su función necesitamos que alguien lo aspire del tanque externo y lo impulse al colector de aceite dentro del motor, este alguien son la bomba de prelubricación y la bomba acoplada de lubricación. Ambas sirven para lo mismo, pero la primera es la que está en funcionamiento con el motor parado (para que al arrancar tengamos una película de aceite entre las piezas del motor y evitar rozamientos y desgastes directos), mientras que la segunda va accionada por el propio motor y proporciona la lubricación propiamente dicha.



Izquierda: bomba de prelubricación. Derecha: bomba acoplada de lubricación del motor.

Justo después de las bombas, el lubricante pasa por el enfriador de aceite, varias veces si fuera necesario (tenemos válvula termostática que regula su recirculación hacia el enfriador o su envío hacia el colector) para que entre al motor a unos 60-70°C de temperatura (sale del mismo a unos 90°C), este enfriador es del tipo de placas (por una parte de las placas va el aceite y por la otra y a contracorriente el agua de enfriamiento); y su fluido de refrigeración es el agua de baja temperatura del propio motor (aprovechamiento térmico). Cabe remarcar que el circuito de aceite llevará más presión que el de agua, pues en caso de poro en alguna placa es preferible que se nos fugue aceite al circuito de agua, que no que nos fugue agua al circuito de aceite (ocuparía el espacio del aceite pero sin tener sus propiedades lubricantes²² y provocaría la aparición de espumas y la degradación del lubricante).

La siguiente etapa del lubricante después del enfriador es el filtro automático de aceite, que consta de filtro por “velas” (tipo tubular, el aceite va de dentro hacia fuera) y filtro recuperador (de tipo de malla, el aceite va de dentro hacia fuera). Es automático porque funciona gracias a la propia presión del aceite en circulación que hace girar el mecanismo donde están insertadas las (velas) del filtro y porque esa presión lo inyecta en ellas, obligándolo a circular a su través. Su mantenimiento se reduce a cambiar los elementos filtrantes cuando éstos estén tupidos, es decir, cuando la presión en el filtro suba excesivamente (tienen un manómetro incorporado).



Izquierda: enfriador de aceite por placas y válvula termostática por termoelementos. Derecha: filtro automático de aceite (el recuperador es el cilindro pequeño de la derecha).

²² De hecho, una de las paradas automáticas del motor es la debida a alta temperatura de los cojinetes de bancada, que suele deberse a la presencia de agua en el aceite, que lo desplaza, con lo que el cojinete y el cigüeñal rozan entre sí directamente aumentando la temperatura (pudiendo llegar a soldarse por fricción).

Después del filtro automático y antes de entrar al colector principal de aceite nos encontramos el filtro doble de aceite, cuya función es eliminar las pequeñas impurezas contenidas en el aceite y evitar que éstas entren al motor y provoquen alguna avería. Este filtro es de tipo diferencial, es decir, toma las presiones antes y después del filtro, y si la presión de entrada supera a la de salida en un valor establecido (e indicando que está sucio), el “chivato” salta del color blanco (que indica filtro limpio) al color rojo (filtro sucio). Es doble porque cuando uno de los bloques está sucio, el aceite se desvía al otro, pudiendo así limpiar el sucio sin tener que parar el motor. Su elemento filtrante son 2 tubos mallados (uno dentro del otro) por cada bloque filtrante (o séase, 4 en total), garantizando un nivel de filtrado óptimo.



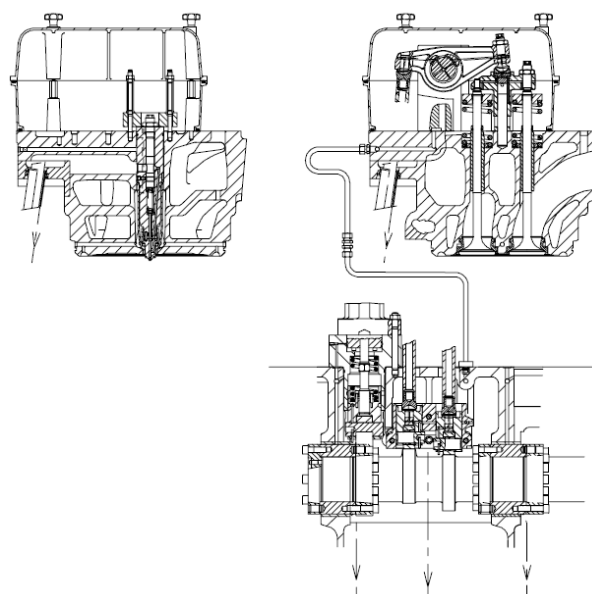
Vistas del filtro doble de aceite y detalle del “chivato” de presión diferencial.

Después viene la lubricación propiamente dicha, donde el lubricante pasa al colector principal de aceite del motor, y de allí puede ir o bien a lubricar a la parte superior del motor, o bien ir a lubricar a la parte inferior²³ del mismo. Una vez finalizado el recorrido y por gravedad, el aceite caerá al cárter del motor.

En la parte superior del motor, el aceite ha de lubricar:

- Los cojinetes del eje de levas.
- Los camones del eje de levas que accionan la bomba de combustible y los taqués de las válvulas de admisión/escape.
- Los balancines y las barras empujadoras de las válvulas.
- La “tetilla” del inyector (en este caso es más por refrigerar que no por lubricar).

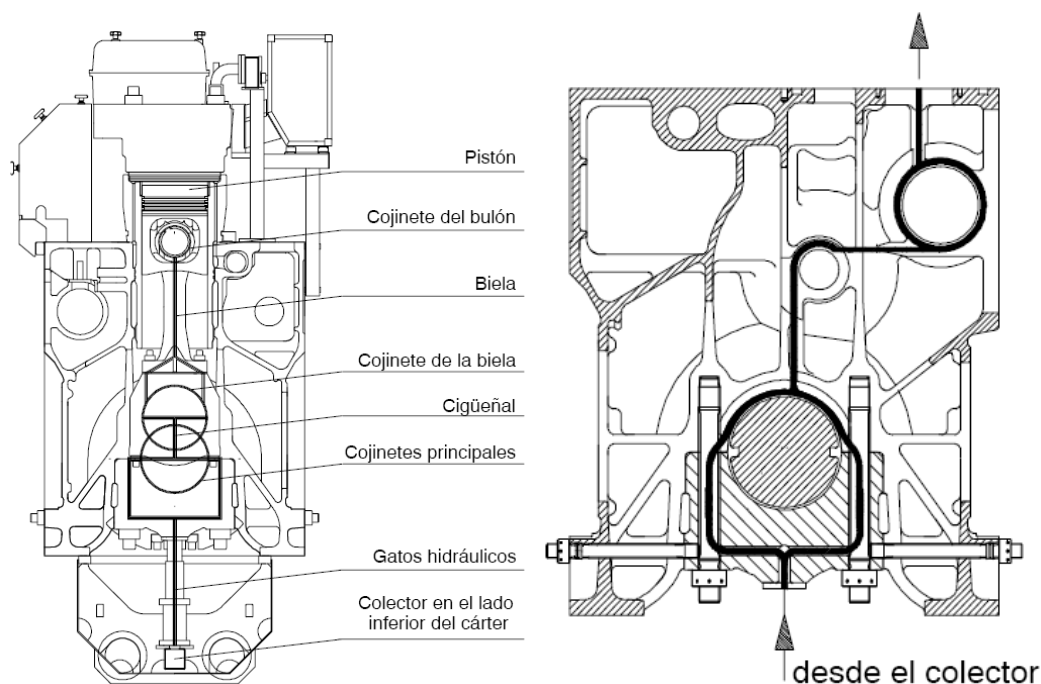
²³ La parte superior es la culata, mientras que la parte inferior es el bloque motor.



Esquema de lubricación de la parte superior del motor.

Y en la parte inferior del motor, el aceite ha de lubricar:

- El pistón, el cojinete del bulón, la biela y su cojinete.
- El cigüeñal y sus cojinetes.
- Los gatos hidráulicos (sostienen el cigüeñal).
- El cojinete axial del eje de levas.
- El engranaje intermedio.
- El engranaje del controlador de velocidad de giro.



Esquemas de la lubricación de la parte inferior del motor (izquierda) y detalle del mismo mostrando la lubricación del engranaje intermedio y la del controlador de velocidad de giro (derecha).

En un paso intermedio, entre el colector principal de aceite y el cárter del motor, nos encontramos al último de los elementos filtrantes del circuito de lubricación, estamos hablando del filtro centrífugo. Este filtro “aspira” el aceite del colector principal, lo filtra mediante fuerzas centrífugas (elimina las partículas metálicas que pudiera contener y las precipitaciones propias del aceite al degradarse) y lo envía limpio al cárter. El elemento filtrante no es más que un papel filtrante, que se cambia una vez tupido y con una gruesa capa de aceite solidificado (el intervalo de cambio depende del estado del aceite y del motor y del número de horas de funcionamiento del papel).



Vistas del filtro centrífugo y del elemento filtrante.

Finalmente, y por un motivo u otro (porque se filtre sin lubricar o porque lubrique o por ambas cosas), el aceite cae al cárter del motor y de allí se drena al tanque externo (que hace de almacén), de donde será aspirado de nuevo por la bomba de lubricación y vuelta a empezar, o bien, será aspirado por la purificadora de aceite.

Las purificadoras de aceite (una por motor e independientes entre sí) son muy similares a las de fuel ya comentadas, utilizan las fuerzas centrífugas y el agua (un fluido no miscible con el aceite y con una densidad superior) para separar todas las partículas metálicas, insolubles y precipitados que el aceite hubiera podido arrastrar y que los elementos filtrantes del circuito no hubieran sido capaces de retener. Se encargan de proporcionar un purificado continuo (24 horas diarias) y exhaustivo (a unos 90°C para facilitar la separación) aspirando el aceite del tanque externo desde uno de sus extremos, y devolviéndolo al mismo por el extremo opuesto.

Cabe destacar que en el *Murillo*, utilizamos el siguiente aceite lubricante en los motores (tanto *principales* como *auxiliares*): Marine Engine Oil Castrol TLX PLUS 404.

Demos a continuación las características técnicas de la depuradora de aceite de los motores principales²⁴:

- Fabricante y modelo: Alfa Laval LOPX 707 SFD-37
- Temperatura de trabajo: entre 90°C y 95°C
- Caudal de trabajo: hasta 10300 l/h
- Producción de lodos: 5 litros por descarga
- Número de descargas: 2,5 por hora (modificable)



Arriba: vistas frontales de la purificadora de aceite. Abajo: vista trasera de la purificadora de aceite.

²⁴ Una depuradora, un tanque externo (debajo del motor) y aceite correspondiente por motor (cada motor es independiente de los otros), los auxiliares tienen tan poca cantidad de aceite en comparación que no se considera necesario purificarlo (8000 litros de cada *principal* por 600 litros de cada *auxiliar*).

Finalmente nos queda hablar del venteo del cárter. Como ya explicamos, el cárter está sometido a grandes presiones derivadas de las fugas de gases de combustión procedentes de los cilindros, provocando entre otros, sobrepresiones en el mismo. Estas sobrepresiones pueden ocasionar la explosión del cárter (pudiendo provocar daños personales).

Para evitar esto se coloca una conexión (tubería) directa entre el cárter y la atmósfera, proporcionando una vía de escape para esta sobrepresión existente, y que además, nos permitirá evacuar los gases de la combustión fugados al cárter y que tan perjudiciales son para el lubricante.

Cabe remarcar que la boca del venteo tendrá forma de cuello de cisne (para evitar la entrada de agua y/o cuerpos extraños hacia el cárter) y estará tapada por una manta antillamas (cabe recordar que el aceite es inflamable y que los gases de escape van a mucha temperatura, con lo que el riesgo de deflagración del aceite es alto).

Otra cosa a tener en cuenta es que el venteo tendrá en una posición intermedia un drenaje para poder recoger la humedad procedente de la condensación de los gases de escape procedentes del cárter (el H_2O es uno de los productos de la combustión y no queremos que acabe de nuevo en el cárter contaminando el lubricante).



Vistas de la tubería de venteo y de su escape a la atmósfera.

3.6. El servicio de aire comprimido

El aire comprimido es otro fluido importantísimo dentro de un buque, pues entre otras tareas, es el encargado único de arrancar los motores principales, es decir, sin él, el buque no va a ninguna parte. En este apartado veremos los diferentes tipos de aire comprimido que tendremos a bordo, sus funciones y sus particularidades.

Básicamente el aire comprimido no es más que aire atmosférico aspirado por un compresor (normalmente de pistones) que lo comprime, posteriormente se almacena en unas botellas especialmente diseñadas, y de ahí se distribuye a través de la red, pasando antes por los deshumidificadores de aire, hasta su consumo.

Empecemos por describir los tipos de aire que existen en el *Murillo*. A bordo tenemos 3 tipos (y 3 circuitos) de aire de consumo y 2 presiones de trabajo, a saber:

- Aire de control (se encarga de activar/desactivar ciertos mecanismos existentes en la maquinaria). A 7 bar de presión.
- Aire de trabajo (para uso de herramientas neumáticas y sistemas contraincendios). A 7 bar de presión.
- Aire de arranque (para arranques/paradas de motores). A 30 bar de presión.

Cada tipo de aire lo produce un compresor específico (1 compresor para aire de control, otro para aire de trabajo y 2 para aire de arranque), si bien los 3 circuitos están conectados entre sí para abastecimiento, por parte del de arranque (que funciona a 30 bar), a los otros 2 (que trabajan a 7 bar) en caso de necesidad, gracias a la reductora (que nos permite pasar de 30 bar a 7 bar).

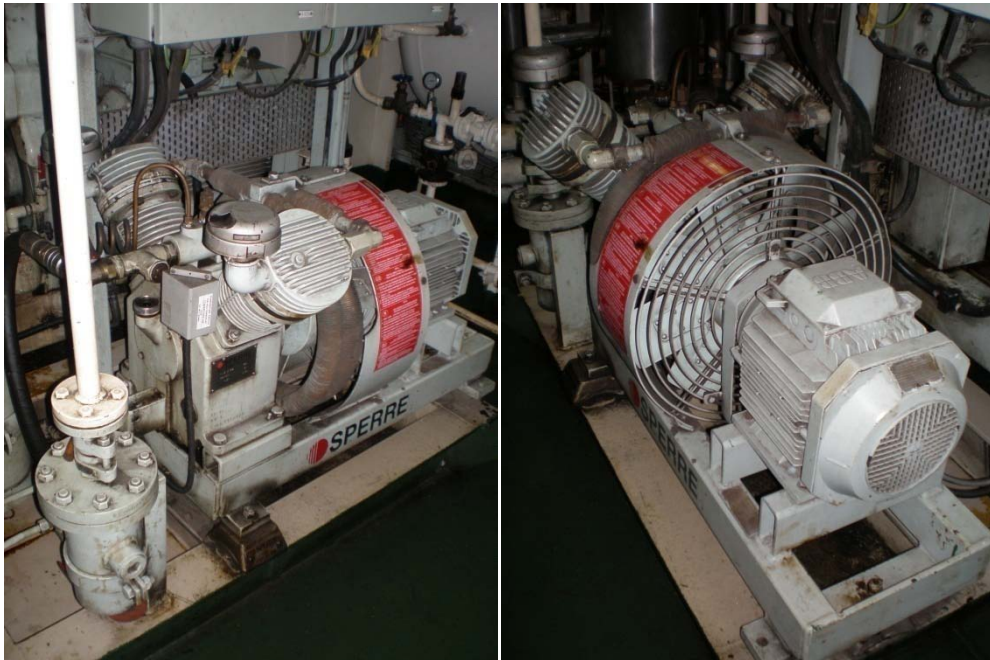


Vista de la reducción.

Ahora que hemos descrito los diferentes circuitos existentes y sus presiones de trabajo, pasemos a describir (por circuito), los consumos correspondientes.

El circuito de aire de control abastece a:

- Detector de niebla en el cárter de los motores principales.
- Purificadoras (apertura/cierre de la válvula reguladora de vapor).
- Módulos de combustible (ídem).
- Cierre de la bocina (fluido de presión).
- Válvula de control de vapor (apertura/cierre de la misma).
- Válvula de control de vapor a generador de agua dulce (apertura/cierre de la misma).
- Válvula de control de vapor a sopladores de los economizadores (apertura/cierre de la misma).



Compresor de aire de control (genera 36 m³/h de aire a 7 bar).

Los consumos del circuito de aire trabajo son:

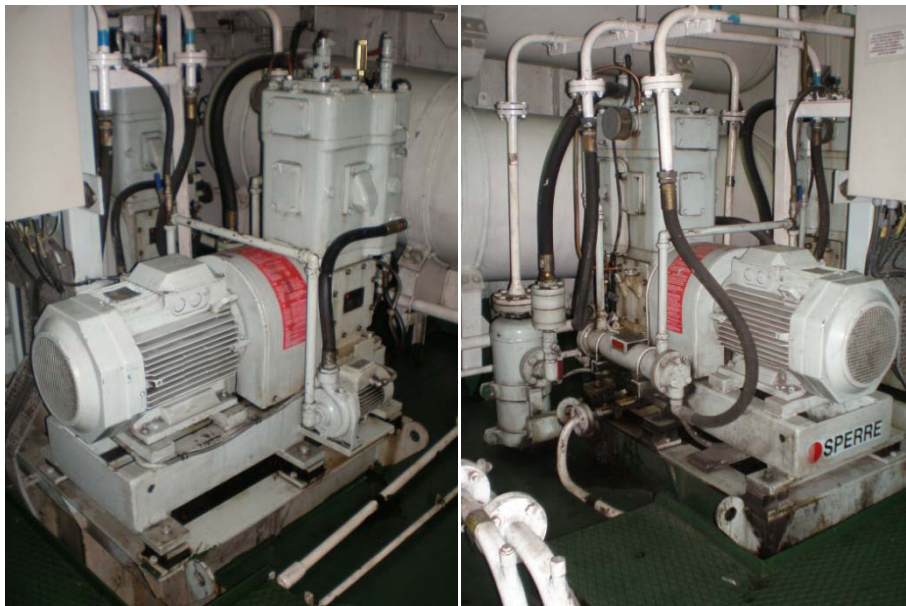
- Talleres, bodegas, sala de motores, sala de caldera, sala de purificadoras... (para limpieza de maquinaria y uso de herramientas neumáticas).
- Tanque hidróforo (fluido de presión).
- Sondas de nivel de los tanques (fluido de presión).
- Sirena de disparo de CO₂.
- Sirena de alarma de incendio.
- Sistema de rociadores (fluido de presión).
- Sistema contra incendios HI-FOGTM (fluido de presión).



Compresor de aire de trabajo (genera 208 m³/h de aire a 7 bar).

Y los consumos del circuito de aire de arranque son:

- Tifón (fluido de accionamiento).
- Motores principales y motores auxiliares (fluido de arranque).
- Sopladores de los economizadores (fluido de desplazamiento).
- Válvulas de corte rápido²⁵ (fluido de accionamiento).
- Circuitos de aire de control y aire de trabajo (a través de reductora).

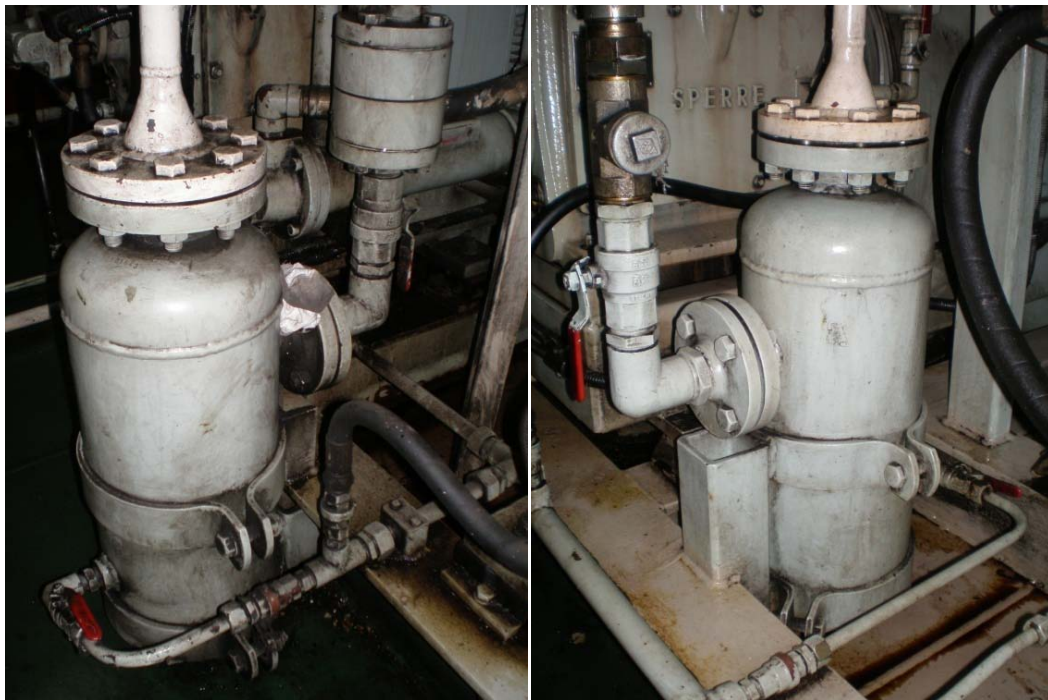


Compresores de aire de arranque (generan 50 m³/h de aire a 30 bar cada uno).

²⁵ La finalidad de estas válvulas es, en caso de incendio en la sala de máquinas, cortar el abastecimiento de fluidos inflamables (ya sea aceite, fuel o gasoil) desde sus respectivos tanques de almacén hacia la maquinaria (motores, caldera, purificadoras...). Se pueden activar desde los locales CI de la cubierta 7 y desde la chimenea de estribor (en la ruta de escape de la sala de máquinas en caso de incendio).

Una vez producido, el aire comprimido debe ser separado del agua y del aceite arrastrados consigo y almacenado en unas botellas diseñadas para tal fin (grueso especial de pared, soldado especial de las cubiertas...).

Los separadores de aceite propios del compresor consisten en una botella que obliga al aire que circula por su interior (entra por la parte inferior y sale por la superior) a centrifugarse, “estrellando” las gotas de aceite contenidas hacia las paredes (el aceite tiene una mayor densidad que el aire), cayendo éstas por gravedad hacia el fondo del separador, donde una boya (una vez acumulado cierta cantidad de aceite) abre el conducto de unión del separador hacia el cárter del compresor, puesto que en el separador tendremos una presión mucho más alta que en el cárter del compresor, el aceite será impulsado hacia el mismo hasta que la boya baje de nivel y vuelva a cerrar el conducto (evitando la entrada de aire hacia el cárter del compresor y la consiguiente sobrepresión).



Izquierda: separador de aceite del compresor de aire de arranque. Derecha: separador de aceite del compresor de aire de trabajo.

Una vez que el aire está libre de aceite, debemos almacenarlo en la cantidad suficiente (según consumos previstos) en las diferentes botellas correspondientes a cada circuito de aire, siendo la botella de aire de control de 250 litros de capacidad, la de aire de trabajo de 2000 litros de capacidad, y de 3000 litros de capacidad las dos de aire de arranque (1500 litros cada una). Todas ellas tienen purgas de seguridad para casos de sobrepresión (evitar explosiones) y drenaje de botellas (el aire contiene agua que forma condensado en las botellas y aceite que arrastra del compresor y que el separador no ha sido capaz de eliminar).



Vista de las botellas de aire de arranque.

Finalmente describiremos los equipos deshidratadores. Éstos funcionan condensando el agua que contiene el aire comprimido que circula a su través mediante intercambio de calor con un fluido de menor temperatura (circuito frigorífico), posteriormente se drena el agua condensada y obtenemos aire seco a la salida. Estos equipos están únicamente para los circuitos de aire de control y aire de trabajo, esto es así para evitar que el agua contenida provoque la oxidación de elementos de importancia vital (purificadoras o módulos de combustible), y de las herramientas neumáticas utilizadas (de coste económico realmente alto).



Vistas de los equipos deshidratadores (deshidratan hasta 60 m³/h de aire).

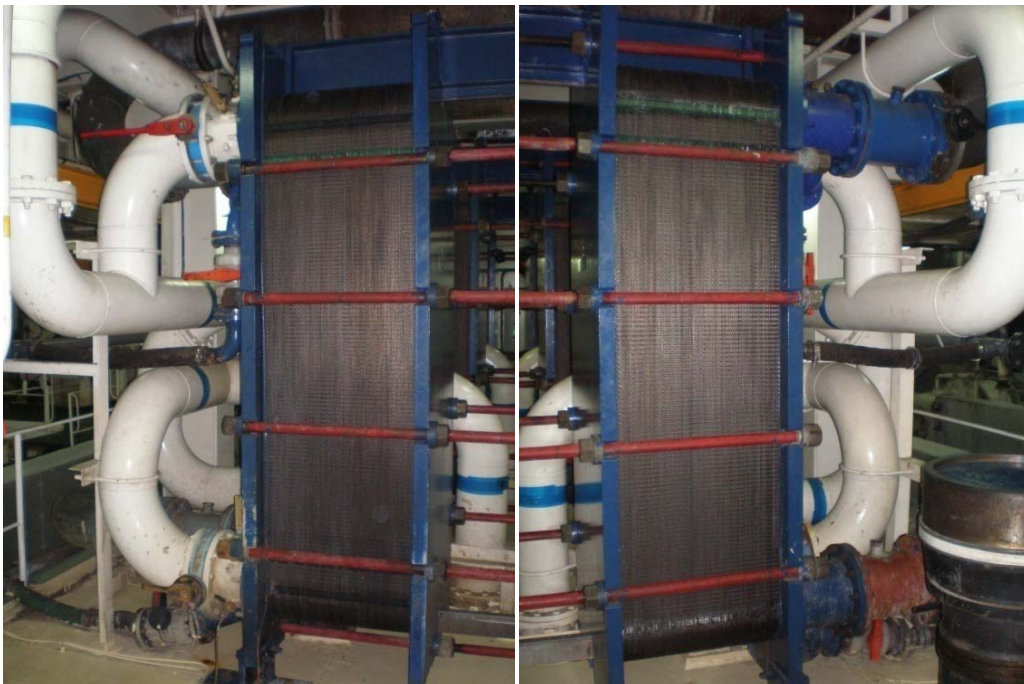
3.7. El servicio de agua de refrigeración

El agua es el último de los fluidos imprescindibles para el funcionamiento de cualquier buque, pues sirve tanto como fluido alimenticio, como de fluido de refrigeración, y porque además de refrigerar nuestra maquinaria (motores térmicos o compresores de aire), sirve como fluido de alimentación para algunas de ellas (caldera o generadores de agua de destilada²⁶).

Pero aparte de poder distinguir sus funciones entre refrigerar y alimentar (ya sea a humanos o a máquinas), podemos clasificarla entre circuito de agua salada (A/S) o circuito de agua dulce (A/D). En este apartado dividiremos la descripción de los diferentes circuitos en:

- Circuito de A/S de popa.
- Circuito de A/S de proa.
- Circuito de A/D de popa.

El circuito de A/S de popa (sala de máquinas) es el encargado de proporcionar el fluido frío necesario para poder refrigerar el A/D (que viene a su vez de refrigerar la maquinaria) en los enfriadores de A/D (un intercambiador de calor), y de proporcionar el fluido de refrigeración y de alimentación de los generadores de agua destilada.



Enfriadores de A/D de motores principales.

²⁶ Llegados a este punto debemos aclarar que el agua dulce (A/D) no es lo mismo que el agua destilada. El agua destilada se convierte en A/D para consumo humano o bien en A/D para refrigeración de maquinaria mediante tratamientos químicos diferenciados (para la primera mineralizamos y clorinamos, mientras que para la segunda simplemente añadimos química específica) y se almacenan en tanques distintos pues el A/D para refrigeración de maquinaria es tóxica y nociva por ingestión.

El circuito consiste en 2 tomas de mar (una de fondo y otra de costado), un colector principal y red de tubería (incluidas las descargas al mar) contruidos en “cunife” (cobre-níquel-hierro aleación altamente resistente a la corrosión), 3 bombas de circulación de A/S para refrigeración del circuito de motores principales con sus correspondientes enfriadores de A/D, 2 bombas de circulación de A/S para la refrigeración del circuito de motores auxiliares con sus respectivos enfriadores de A/D, y 2 bombas de circulación/alimentación para los generadores de agua destilada.



*Arriba izquierda: toma de mar de fondo. Arriba derecha: toma de mar de costado.
Abajo izquierda: bombas de circulación de A/S de motores principales. Abajo derecha: bombas de
alimentación/circulación de A/S de los generadores de agua destilada.*

El circuito de A/S de proa es el encargado de proporcionar el fluido frío necesario para poder refrigerar el A/D (que viene de refrigerar los gases frigoríficos) de los condensadores de la planta frigorífica (las gambuzas) y los de la planta de aire acondicionado (ambos son circuitos frigoríficos), y de refrigerar (directamente) la maquinaria hidráulica de proa (las “maquinillas”).

Este circuito consiste en 2 tomas de mar de costado (una por lado), un colector y red de tuberías construidos en metal, 3 bombas de circulación de A/S para el aire acondicionado y sus correspondientes condensadores, y 2 bombas de circulación de A/S para la planta frigorífica y sus correspondientes condensadores.



*Arriba: bombas de circulación del aire acondicionado (izquierda) y de la planta frigorífica (derecha).
Abajo: condensador del aire acondicionado.*

Una pregunta que uno se hace cuando ve esto es: “¿por qué no usar directamente A/S para refrigerar y ahorrarnos toda esa tubería y elementos auxiliares?”. La respuesta es bien sencilla: por la corrosión.

El A/S es uno de los elementos más corrosivos que existen en la naturaleza, y paradójicamente el fluido de refrigeración que nosotros utilizamos. Es preferible hacer un desembolso inicial más alto al colocar tubería construida en “cunife” y elementos intermedios como el circuito de A/D (con los intercambiadores de calor como barrera separadora) que arriesgarnos a corroer toda la maquinaria existente en el buque.

Pasemos ahora a hablar del circuito de A/D de popa. Este circuito está centralizado en los intercambiadores de calor de los motores principales y en los de los motores auxiliares, así pues podemos afirmar que tenemos 2 subcircuitos: el de motores principales y el de motores auxiliares.

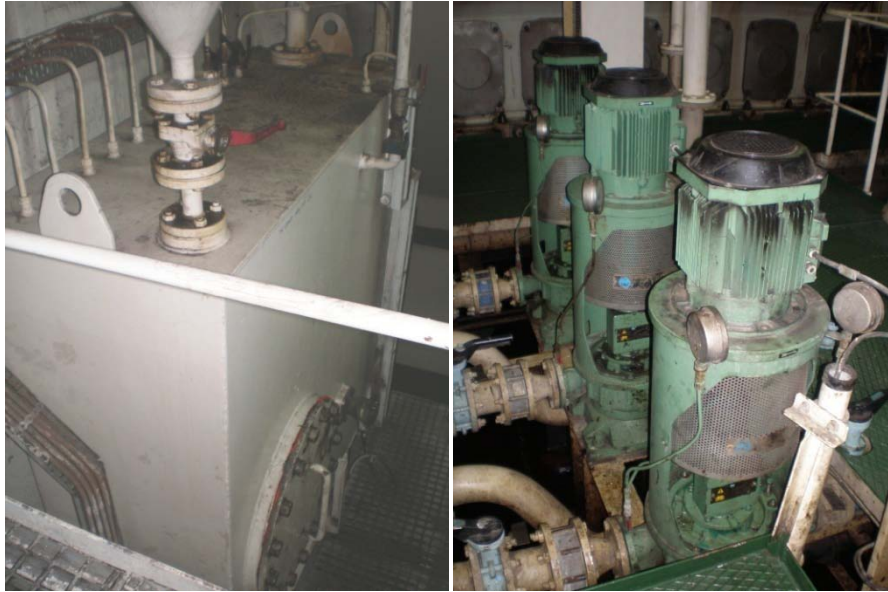
El subcircuito de *principales* no sólo se encarga de abastecer de A/D a los motores, también se encarga de abastecer a los siguientes elementos:

- Chumaceras de apoyo de los ejes (como refrigerante).
- Unidad de precalentamiento del motor (como fluido de circulación).
- Enfriadores de aceite lubricante de las reductoras (como fluido de intercambio térmico).
- Enfriador de aceite lubricante del motor principal (ídem).
- Enfriador de aceite lubricante de los estabilizadores (ídem).
- Enfriador de aceite lubricante de la bocina (ídem).
- Generador de agua destilada (ídem).

Con lo que un único elemento (el enfriador de *principales*) se encarga de refrigerar toda el A/D que consumen todos los elementos citados. Esto suscita 2 problemas: la enorme cantidad de agua necesaria y la presión requerida para poder bombearla.

Para el primer problema la solución es el tanque de expansión, que hace de subalmacén de agua, y que se encarga de rellenar el circuito (posibles pérdidas o consumos súbitos que pudieran bajar el nivel de agua), absorber las dilataciones/contracciones del fluido circulante al calentarse/enfriarse, y de mantener la misma cantidad de agua en cada línea de motores del buque (hay un tanque en cada costado y están unidos entre sí).

Para el segundo tenemos las bombas de circulación de A/D de *principales*, con capacidad de bombeo suficiente para garantizar un abastecimiento continuo (tanto en caudal como en presión) de agua a todos los elementos del circuito por alejados que éstos estén.



Izquierda: tanque de expansión. Derecha: bombas de circulación de A/D de principales.

Por lo que respecta al subcircuito de *auxiliares* diremos que tenemos las mismas particularidades y funciones que en el de *principales* (tiene tanque de expansión y bombas de circulación propios), siendo sus elementos de abastecimiento de A/D los que siguen:

- Unidad de precalentamiento del motor (como fluido de circulación).
- Compresor de la unidad de aire acondicionado de la cabina de control (como fluido de intercambio térmico).
- Compresor de aire de control (ídem).
- Compresor de aire de trabajo (ídem).
- Compresores de aire de trabajo (ídem).
- Condensador de control y tanque de observación y purgas (ídem).



Vista de las bombas de circulación de A/D del circuito de auxiliares.

3.8. El servicio sanitario

El penúltimo de los servicios que veremos será el de agua sanitaria. Este servicio es el encargado de proporcionar el agua dulce necesaria para su consumo por parte del pasaje/tripulación (ya sea en las duchas o en los lavabos), por parte de los sistemas contraincendios (CI), o bien por parte de la maquinaria (en este caso sólo agua destilada).

Para ver de forma más detallada el circuito debemos dividirlo en:

- Generación/captación de agua dulce/destilada.
- Distribución y almacenamiento del agua dulce/destilada.
- Servicio de agua caliente sanitaria (ACS).
- Potabilización del agua destilada.

En el *Murillo* tenemos 2 opciones para conseguir agua; o bien la generamos a bordo gracias a los evaporadores, o bien nos abastecemos de ella en el muelle desde la red de agua potable de la ciudad del puerto.

En el caso de generarla a bordo obtendremos agua destilada, pues el evaporador lo que hace es evaporar agua marina y condensar el vapor resultante (las sales no se evaporan con el agua), y esto quiere decir que no se almacenará en el mismo lugar que el agua que obtengamos de tierra (que ya será potable).



Vistas del generador de agua destilada.

Antes de seguir haremos una breve descripción del equipo generador de agua de a bordo. Los generadores de agua funcionan por el principio básico de la evaporación y posterior condensación de agua marina para obtenerla libre de sales minerales, es decir, hervimos agua de mar y condensamos el vapor resultante en una bandeja para recoger y almacenar en un tanque la condensación obtenida como agua destilada.

Como fluido de alimentación utilizamos obviamente agua marina, como fluido caliente utilizaremos el agua de refrigeración de motores principales, y como fluido de refrigeración utilizaremos también el agua marina, el proceso es el siguiente:

- Aspiración y bombeo de agua marina a través de las bombas hacia un intercambiador de placas situado en la parte superior (y justo encima de la bandeja de recogida de agua destilada) del evaporador y hacia el depósito del mismo²⁷.
- En el otro intercambiador de placas situado en la parte inferior del generador y sumergido en el depósito de agua marina pasamos agua de refrigeración de motores (a unos 90°C), produciéndose un intercambio térmico que da lugar a una subida de la temperatura y la consiguiente evaporación del agua marina contenida.
- A la misma vez, y en el otro intercambiador tiene lugar una rápida condensación del vapor de agua (la diferencia de temperaturas puede estar en torno a los 30°C).
- En la bandeja colocada debajo del intercambiador de placas superior se recoge el agua destilada generada y se bombea hacia el tanque de almacén de aguas técnicas.
- Finalmente y mediante un eyector, utilizamos el agua marina saliente del intercambiador de placas superior para hacer vacío y poder aspirar toda la salmuera restante del proceso de generación y descargarla directamente al mar por el costado.
- En el proceso, conseguimos también reducir la presión interna del depósito, con lo que además, conseguimos disminuir la temperatura de evaporación del agua²⁸ (siendo la temperatura de trabajo óptima de 50°C), reduciendo el tiempo y la energía necesarios para conseguir la evaporación del agua marina.

²⁷ Esto es así porque a la salida del intercambiador el agua salada habrá aumentado de temperatura al absorber el calor del vapor de agua para conseguir su condensación (hay unos 15°C de diferencia), con lo que todo el calor y el tiempo requerido para aumentar esa temperatura al agua nos la habremos ahorrado.

²⁸ Según las leyes termodinámicas a cada presión de un fluido dado le corresponde una temperatura de evaporación/condensación propia, esto es por lo que en un recipiente cerrado si aumentamos la temperatura del fluido aumentamos la presión del recipiente, mientras que si aumentamos la presión interna conseguimos un aumento de temperatura del fluido contenido.

A partir de aquí empezamos a hacer distinciones, si el agua requerida va hacia la maquinaria, aspiraremos del tanque de almacén de aguas técnicas mediante las bombas de agua sanitaria y ésta será enviada al tanque hidróforo de máquinas (que hace de acumulador y elevador de presión), y de éste puede ir a:

- Tanques de compensación tanto de motores principales como de motores auxiliares.
- Purificadoras de combustible y aceite.
- Tanque de alimentación de agua de caldera.
- Separador de sentinas.
- Limpieza de turbos de motores.
- Limpieza de economizadores.



Vistas de las bombas de agua sanitaria y tanque hidróforo de máquinas.

Por el contrario, si el agua requerida va a acomodación, aspiraremos del tanque de agua dulce (aunque también se puede aspirar del tanque de aguas técnicas si queremos potabilizarla) y a través de las bombas de agua sanitaria de máquinas, enviamos el agua al tanque de agua de proa. Este tanque hace de almacén también, pero para consumo exclusivo de los servicios de proa.

De este tanque vuelve a ser aspirado por las bombas de agua sanitaria de proa, va hacia el tanque hidróforo de la misma, y de allí puede ir a:

- Sistema CI de la parte de la acomodación.
- Sistema CI de rociadores del garaje.
- Bocas CI de las cubiertas 3 y 5.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.

- Unidades de aire acondicionado.
- Sistema de potabilización de agua (si aspiramos agua destilada).
- Circuito de agua sanitaria (agua fría).
- Calentador de agua sanitaria.



Vistas de las bombas de agua sanitaria y tanque hidróforo de proa y de la toma de mar de costado.

El calentador no es más que un depósito forrado con material aislante en el que calentamos el agua sanitaria fría que entra mediante un serpentín de vapor colocado en el interior del tanque (también existe una resistencia eléctrica para lograr lo mismo), el circuito de agua caliente sanitaria es cerrado, es decir, tiene retorno al tanque para recircular el agua continuamente y evitar que se nos enfríe en el circuito.



Vistas del depósito y de las bombas de circulación de ACS.

Finalmente hablaremos del sistema de potabilización de agua. Éste consiste en un esterilizador, un clorinador, y un mineralizador. Debe remarcarse que no tienen porqué funcionar todos en serie ni a la vez (puede tenerse el esterilizador como reserva por si el clorinador se estropease alguna vez por ejemplo).

El esterilizador es un depósito en cuyo interior encontramos tubos de rayos UV, estos rayos son altamente biocidas, con lo que al pasar el agua a través del haz de luz queda inmediatamente esterilizada. Su uso es bastante limitado al ser las lámparas muy caras y altamente peligrosas.

El mineralizador es otro depósito bastante más grande que el anterior, en cuya base hay depositadas una serie de capas con arenas minerales de diferentes elementos, al pasar el agua a través de estas arenas absorbe las sales y queda mineralizada.

En conjunción con el mineralizador se suele utilizar el clorinador, que no es más que un depósito que contiene cloro y con el que mediante una bomba dosificadora y un sensor, adaptamos la cantidad de cloro a inyectar al agua circulante, obteniendo agua potable y apta para consumo humano. Éste es el sistema que se utiliza a bordo normalmente.



Vistas del equipo potabilizador.

3.9. El servicio de aire acondicionado

El último de los servicios de a bordo que trataremos será el que se encarga de la climatización del buque. El aire acondicionado es, contrariamente a lo que pudiera parecer, un bienpreciado en un barco, sobre todo si se trata de un buque de pasaje como el *Murillo*.

Al pasaje le da igual la potencia del buque, cuántos sistemas auxiliares tuviera el buque, o si se está incendiando la *Máquina*, lo realmente importante para ellos es llegar a la hora y estar climáticamente cómodos.

Puesto que cada uno tiene una sensación térmica subjetiva distinta, ya que unos pueden estar cómodos a 21°C y que por el contrario otros pasen frío o calor a la misma temperatura, es difícil dilucidar qué temperaturas utilizar, pero se puede tomar como referencia lo siguiente:

- En verano enfriar como si el barco fuera un congelador.
- Y en invierno calentarlo como si fuera un horno, y entre estos 2 puntos se suele encontrar el confort climático de la mayoría del pasaje²⁹.

Para nuestro caso particular contamos con una serie de maquinaria auxiliar que nos permite proporcionar en todo el buque la climatización necesaria en cada momento y situación.

Para empezar, debemos dividir el buque en las 3 zonas distintas de climatización existentes, que son las que siguen:

- La cabina de control de la sala de máquinas.
- El puente de gobierno.
- La acomodación.

Antes aclararemos que el frío/calor generados por la maquinaria siguen el ciclo térmico inverso de Carnot, que son eléctricas, que utilizan gases frigoríficos sin cloro, y que climatizan por fluido primario o expansión directa (en el puente de gobierno), o bien por fluido secundario o expansión indirecta (en las otras 2).

Entrando ya en las zonas de climatización, y en lo que se refiere al puente de gobierno, cuyo volumen no excede el de una casa pequeña, y ya que no requiere ninguna refrigeración específica, se utilizan 2 aparatos de aire acondicionado de alta potencia (situado cada uno a cada extremo del puente) más que suficientes para cumplir con su misión.

²⁹ Nótese el sarcasmo y la ligereza con la que se trata el tema al haber tenido experiencias desagradables con pasajeros a lo largo de viajes por diferentes regiones climáticas y en diferentes épocas del año.



Vistas del aparato de aire acondicionado del puente de gobierno.

En lo que a la *Máquina* se refiere, diremos que tenemos 3 subzonas de refrigeración:

- El cuadro principal (requiere una temperatura constante de 14°C).
- La cabina de control (requiere una temperatura constante de 22°C).
- El pantry, el aseo y el vestuario (requiere una temperatura constante de 24°C).

Puesto que tenemos 3 temperaturas distintas y un único compresor encargado de proporcionar la refrigeración necesaria, éste proporcionará la más baja y mediante climatizadores obtendremos las otras 2 abriendo más o menos la válvula de caudal de agua, que es el fluido secundario.

Hablamos de fluido secundario porque la expansión del gas refrigerante³⁰ tiene lugar en un único evaporador (esto sería la expansión indirecta), donde el fluido de intercambio es agua, es decir, enfriamos agua y después la enviamos a los climatizadores donde intercambiará calor con el aire del espacio a climatizar, por lo que en función del caudal de agua fría y del aire de intercambio en el climatizador obtendremos más o menos temperatura.

Estos climatizadores de los que hablamos no son más que intercambiadores de calor consistentes en un serpentín de agua fría interno y dos bombas colocadas una a cada lado del serpentín, una para aspirar el aire a refrigerar³¹ y hacerlo pasar a través del serpentín, y la otra que es para bombear el aire ya refrigerado a las zonas a climatizar.

³⁰ En nuestro caso utilizamos R-507, que es un gas de tipo HFC (hidrofluorocarbonado), o séase, sin cloro, por lo que no daña la capa de ozono.

³¹ Este aire suele ser aspirado de la atmósfera externa del buque, garantizando así una renovación constante del aire de todos los espacios climatizados.



Vista del compresor del aire acondicionado de la Máquina.

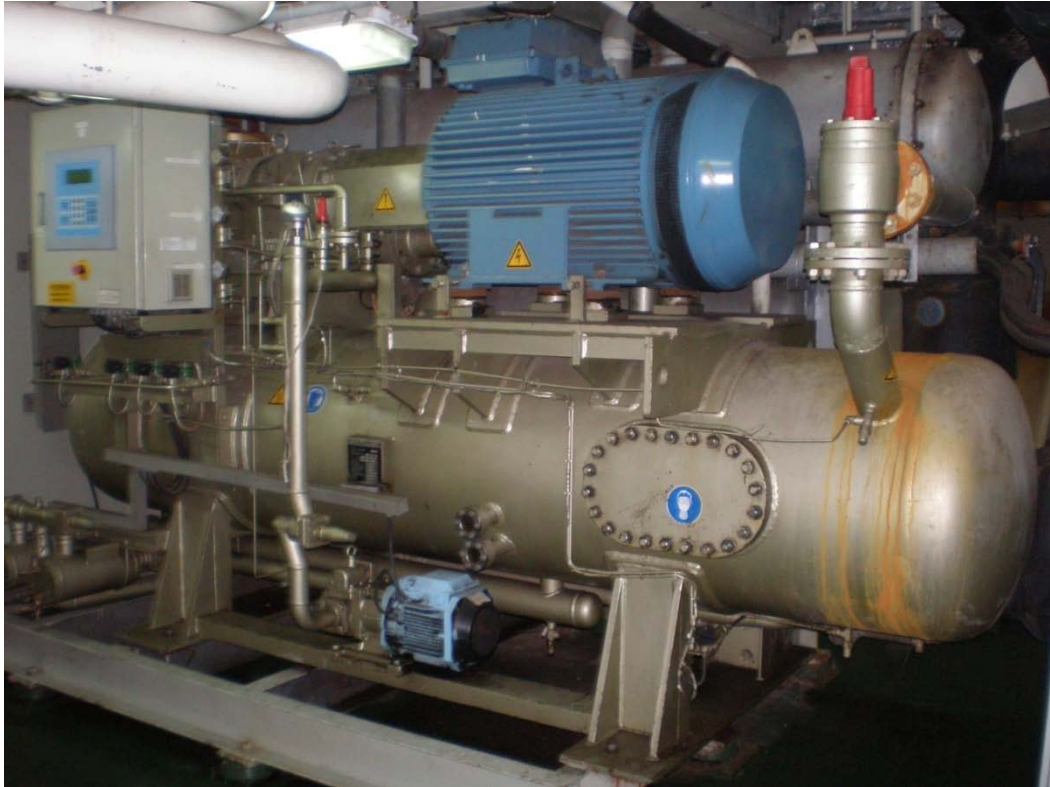
Finalmente nos queda hablar de la climatización de la acomodación, con diferencia la más compleja y extensa. Realmente consiste en dos plantas distintas de gran potencia (más de 500 kW cada una), con compresores de tornillo, expansión indirecta y por fluido secundario, todo ello en una instalación muy compacta (va todo unido en único bloque), un tanque hidróforo externo que se encarga de recoger el agua de retorno, unas bombas de alta capacidad para mover la gran cantidad de agua del circuito, y 11 climatizadores repartidos por las diferentes subzonas de climatización dentro de las diferentes cubiertas y encargados de proporcionar la temperatura requerida en cada espacio.

El proceso por pasos sería el siguiente:

- Aspiración del agua del tanque hidróforo por parte de las bombas de circulación.
- Circulación del agua aspirada a través del evaporador del circuito frigorífero (donde se enfría)³².
- Envío del agua ya enfriada hacia los climatizadores, donde al calentarse enfrían los espacios.

³² La temperatura de enfriamiento requerida para la planta de aire acondicionado es de 18°C en verano y de 22°C en invierno, por lo que si se requiere una temperatura algo más alta en invierno, se dispone de unas resistencias eléctricas en los difusores de aire de climatización que proporcionan entre 3 y 4 grados más de temperatura al aire de climatización.

- Retorno del agua ya “caliente” hacia el tanque hidróforo.
- Rellenado de agua si fuera necesario (para que no nos entre aire al circuito que provoque la caída de presión del mismo y el no intercambio térmico en los climatizadores) en el tanque hidróforo.



Diferentes vistas de la planta de aire acondicionado.

Sistemas de seguridad

4. Sistemas de seguridad

Entramos en uno de los apartados fundamentales de la memoria, que básicamente, viene regido por la reglamentación internacional del SOLAS y el STCW. La seguridad es básica en cualquier buque y en cualquier aspecto (lo que los americanos llamarían *safety & security*), ya sea en lo que refiere a la seguridad por posibles daños en el buque (incendios, varadas y demás), o por posibles daños al pasaje (psicópatas, terroristas o accidentes que resulten en heridos).

Nosotros y en nuestro caso particular trataremos la lucha contra incendios y la supervivencia en la mar y salvamento marítimo (incluye el posible abandono del buque), que es lo que sería la *safety*, ya que lo que sería la *security*, y por desgracia, no está muy desarrollada en ninguna compañía europea de transporte de pasaje³³.

4.1. Sistemas de seguridad del buque

Entrando ya en materia haremos un inciso, ya que se supone que todo el personal de a bordo, y cumpliendo con la normativa del *convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar* (STCW en sus siglas en inglés), posee los siguientes cursos de especialización marítima, que si bien son más o menos intensivos/extensivos en sus imparticiones, dan las nociones mínimas para actuar correctamente en la mayoría de situaciones posibles, o al menos, en las más probables, estos cursos son los siguientes:

- Formación básica.
- Avanzado en lucha contra incendios.
- Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate no rápidos.
- Botes de rescate rápido.
- Básico en buques Ro-Ro de pasaje.
- Buques Ro-Ro de pasaje y buques de pasaje distintos a buques Ro-Ro.
- Título médico en primeros auxilios (en todas sus posibles variantes).

Con lo que podemos apreciar que cualquier tripulante (azafatas, camareros, cocineros, oficiales de puente y máquinas y la marinería) debería de estar capacitado para resolver los problemas que se presentaran a bordo en lo referente a lucha contra incendios, rescate de personas, trato y cuidado de las mismas y supervivencia en la mar.

³³ Nunca ha pasado nada, pero basta que un día un lunático ponga una bomba o tirotee al pasaje de un buque para que todo el mundo se eche las manos a la cabeza, pregunte cómo es posible que algo así haya ocurrido y busque culpables (que obviamente seríamos las tripulaciones por no estar preparadas para este tipo de cosas).

4.2. Lucha contra incendios

El incendio es el más habitual y uno de los más peligrosos accidentes que pueden ocurrir a bordo de cualquier embarcación. Especialmente en la *Máquina*, pues en ella casi todos los fluidos que circulan por la maquinaria son inflamables (combustibles, lubricantes, productos químicos para la limpieza...), hay temperaturas elevadas (unos 50°C), puntos de temperatura muy elevada (colectores de gases de escape) y flujo de aire limpio continuo (ventilación externa forzada), o séase, casi todas las circunstancias idóneas para que en caso de accidente se provoque un incendio.

No hay mayor ni mejor forma de combatir un accidente, incendio en este caso, que previniéndolo. La prevención es la mejor arma que poseemos a bordo para evitar encontrarnos en una situación muy peligrosa. Es por todo esto que podemos distinguir entre las acciones pasivas y las activas.

La prevención sería una acción pasiva, pues intentamos que no ocurra aquello que tememos que se dé lugar, algunos ejemplos serían:

- Forrar con material ignífugo toda la tubería que contenga fluido inflamable para evitar derrames peligrosos.
- Encajetar con material ignífugo los colectores de gases de escape para evitar que los derrames caigan sobre puntos con muy alta temperatura.
- Proteger con encapsulados todas las bombas de combustible para evitar que una fuente de ignición encuentre un foco de derrames de combustible...



Izquierda: vista del encajetado de los colectores de gases de escape. Derecha: vista del forrado con material ignífugo de la tubería de alimentación de combustible a motores principales.

Otros elementos pasivos en cuanto a la lucha CI serían los detectores de humo, ya funcionen por temperatura, opacidad, o bien por ionizado del aire. Hay gran número de ellos repartidos por todo el buque, en concreto hay al menos uno por cada espacio susceptible de padecer un incendio (camarotes, baños, bar, cocina, puente y por supuesto la *Máquina*). Son muy útiles y están centralizados en una unidad de procesamiento de datos que nos avisa de en qué lugar exacto ha saltado una posible alarma de incendio para poder actuar con la mayor celeridad posible en la detección de dicho incendio.



Vista de un detector de humo.

Para los casos en los que no podemos evitar que tenga lugar el incendio, debemos tomar medidas activas, que serían la puesta en marcha de los sistemas contraincendios (CI). Algunos de estos sistemas serían:

- Sistema CI convencional.
- Sistema de rociadores (o drencher).
- Sistema Hi-Fog.
- Sistema de CO₂.

El sistema CI convencional y el de rociadores consisten en:

- Tomas de mar.
- Bombas CI.
- Red de tuberías de distribución de agua.
- Rociadores y BIE's (Boca de Incendios Equipada).

Las bombas CI del sistema convencional están dispuestas a lo largo del buque, concretamente 2 a popa en la cámara de máquinas y otra en proa de 100 m³/h de capacidad cada una, mientras que existe una única bomba para el sistema de rociadores, situada en la cámara de máquinas y capacitada para dar 300 m³/h.



Izquierda: vista de la bomba CI del drencher. Derecha: vista de la bomba CI del sistema convencional.

La distribución del agua a lo largo del buque hasta los rociadores y BIE's se hace mediante un complejo sistema de tubería que divide el barco en secciones, lo cual facilita la extinción del incendio al concentrarse todo el caudal de agua bombeado hacia esas zonas con fuego.

Si bien es cierto que existe una red propia para el sistema del drencher, encargado de extinguir el fuego en las diferentes cubiertas en las que existe garaje (esto es en las cubiertas 1, 2, 3 y 5), y otra red propia para el sistema convencional³⁴, encargado de abastecer únicamente los BIE's existentes en todas las cubiertas del buque.

También cabría remarcar que toda la red de distribución de agua CI está conectada entre sí, de forma que los diferentes sistemas CI pueden “apoyarse” entre ellos, ya que en caso de que fallara una bomba (ya fuera por problema mecánico o eléctrico), o una toma de mar quedara obstruida o fuera de servicio, tendrían ayuda del otro sistema.

³⁴ Esto es así porque el buque dispone de sistemas CI diseñados concretamente para situaciones de fuego concretas, teniendo en cuenta factores como la zona en la que se produce el posible fuego y la procedencia del mismo.



*Arriba: vista de un detector y de un rociador del sistema CI del drencher (derecha).
Abajo: vistas de un BIE y de la red de distribución de agua CI (las marcadas de rojo).*

Es importante aclarar que una vez el circuito ha sido utilizado y el fuego extinguido, debemos circular agua dulce por toda la red de tubería para limpiarla de la sal que llevaba el agua utilizada por el sistema CI, pues sino ésta nos podría formar depósitos en los mismos rociadores y obstruirlos, con lo que no funcionarían la siguiente vez que fueran necesarios, y esto nos causaría un gravísimo problema.

El sistema Ci Hi-Fog se compone de los siguientes elementos:

- Depósito de cebado con tomas para agua dulce (tanque W001) y agua salada (tomas de mar de proa).
- Una unidad acumuladora de presión e inicio de extinción (las botellas de nitrógeno y agua) y otra de bombeo (para cuando se requiriera).
- Un sistema de control electrónico local (un PLC).
- Una red de distribución construida en acero inoxidable.
- Válvulas de sección (contienen válvulas de retención).
- Cabezas atomizadoras (rociadores).

Éste es un novedoso sistema CI aplicado únicamente a la *Máquina* y a la acomodación (ya que tiene red de distribución propia e independiente de las otras existentes en el buque y que a la vez lo divide en zonas con válvulas de sección), que basa su funcionamiento en la creación de una niebla muy fina de agua a través de las toberas de descarga de los rociadores gracias a una muy alta presión proporcionada por un fluido impulsor almacenado en unas botellas, lo que quiere decir que ni necesita bombas para impulsar el agua a través del circuito ni necesita un tanque hidróforo que haga de reserva de presión del circuito³⁵.

Las ventajas que esto supone son enormes, pues en caso de que las bombas quedaran sin suministro eléctrico o bien sufrieran alguna avería mecánica este sistema seguiría siendo totalmente aplicable en caso de incendio.

Otra particularidad que tiene el sistema es que divide el buque entre zonas de extinción húmeda (la *Máquina*) y zonas de extinción seca (la acomodación).

En el caso de la zona húmeda esto quiere decir que el sistema empezará a funcionar en cuanto una de las ampollitas de uno de los rociadores reviente a causa de un incremento de temperatura excesivo y empiece a salir agua nebulizada (el circuito se encontrará a presión de trabajo³⁶), cuando esto ocurre el sistema nota la bajada de presión del circuito, abre las válvulas de las botellas de agua y nitrógeno y da la señal de alarma de incendio.

En el caso de la zona seca significa que no existe dicha ampollita y que el sistema debe activarse “manualmente”, una vez abierta la válvula de sección correspondiente a la zona con fuego el sistema ya funciona automáticamente de la forma descrita para la zona húmeda y a su presión de trabajo correspondiente³⁷.

³⁵ Si bien es cierto que el sistema dispone de una unidad de bombeo y de aprovisionamiento de agua del tanque de W001 (agua dulce) o bien de las tomas de mar de proa (agua salada), instaladas en paralelo al sistema de botellas de presión e inyección de agua para poder funcionar con ambos sistemas siempre que se requiriera.

³⁶ La presión de trabajo es de 140 bar.

³⁷ La presión de trabajo en este caso es de 70 bar.



*Arriba: vistas de los rociadores de la zona húmeda (izquierda) y de la zona seca (derecha).
Abajo: vista de las válvulas de sección.*

El sistema CI Hi-Fog funciona de la siguiente forma:

- Una vez rota la ampollita (en la zona húmeda) o bien activado el sistema (en la zona seca), se abren las botellas de agua (8x50 litros) y de nitrógeno (8x50 litros a 140 bar).
- El agua sale a la presión de impulsión del nitrógeno y entra al circuito de distribución hasta el rociador, donde será finamente nebulizada en las 6 toberas de que dispone el rociador (abarcando un ángulo de 360º y 3 m de radio).
- La capacidad de las botellas permite una duración que va de 1 minuto para el caso de incendio general, hasta los 20 minutos si son espacios reducidos.

- Si la capacidad de las botellas fuera insuficiente, entraría en juego la unidad de bombeo (formada por 6 bombas), que aspirarían agua dulce del tanque W001 siempre que fuera posible, y la enviaría a través de la red de distribución a una presión similar a la de las botellas.
- En caso de no poder usarse el agua del tanque W001 por lo que fuera, se procedería a aspirar agua salada de los fondos de mar de proa a través de una bomba específica y enviarla a la unidad de bombeo.
- Si usamos agua salada en la extinción del incendio, es importante circular agua dulce por todo el circuito una vez extinguido el fuego, pues las sales marinas podrían formarnos depósitos en los rociadores y obstruirlos, con lo que no funcionarían la siguiente vez que hubiera un incendio, causándonos un gravísimo problema.



*Arriba: vistas de la unidad de bombeo y de la bomba de aspiración de agua salada.
Abajo: vista de las botellas de agua (rojas) y de nitrógeno (negras).*

El sistema CI por CO₂ consta de los siguientes elementos:

- Local de almacenamiento de las botellas de CO₂ y de los armarios de disparo del sistema.
- Botellas de almacenamiento de CO₂ (111 de 45 kg).
- Red propia seca de distribución de CO₂, es igual a la de CI húmeda (mismos diámetros y marcada de rojo igual, la única diferencia es que en lugar de BIE's al final de los tramos tiene difusores para el gas).
- Cabezas difusoras de CO₂.

Este sistema es probablemente el más eficaz para extinguir un incendio en un espacio cerrado y es aplicable únicamente a los siguientes espacios:

- La cámara de máquinas.
- La cámara de maquinaria auxiliar y la cabina de control.
- La cámara de purificadoras y calderas.
- El local del generador de emergencia.
- El pañol de pinturas.
- Y la cámara del incinerador.

Es además un sistema que únicamente se puede disparar manualmente y desde sólo 2 lugares en todo el buque (desde el mismo local donde se almacenan las botellas y desde el puesto de lucha CI de la cubierta 7 central) existiendo una única llave en el puente de gobierno para abrir ambos armarios de disparo, convirtiéndolo así en un sistema de “última opción”. Y esto es así por las siguientes razones:

- El CO₂ es un gas “desplazante”, esto quiere decir que desplaza el aire, y por consiguiente el oxígeno que contiene, de manera que el fuego se queda sin comburente y se apaga por sí solo, el problema radica en que las personas también “quemamos” ese oxígeno, de manera que si se dispara el CO₂ toda persona existente en la zona de disparo morirá asfixiada.
- Es por lo anterior por lo que sólo se aplica en las zonas en las que el número de posibles personas afectadas sea el mínimo posible (no se aplica en la acomodación por ejemplo).
- Otra cuestión es que sólo puede aplicarse en espacios cerrados y sin ventilación³⁸, pues no tendría sentido meter CO₂ en un espacio que está siendo ventilado continuamente o que se encuentra al aire libre como el garaje de la cubierta 7, ya que el CO₂ no tendría ningún efecto sobre el fuego.

³⁸ Cuando el CO₂ se dispara, todas las ventilaciones existentes en los espacios afectados se cierran automáticamente (gracias a los *dampers* existentes en los conductos de ventilación), facilitando el efecto “asfixiante” del CO₂.

Es por todo lo anterior y por lo peligroso que resulta un disparo de CO_2 en cualquiera de los espacios equipados con el sistema, por lo que hay repartidas por toda la *Máquina* alarmas acústicas y visuales específicas, y por lo que el sistema tiene un sistema de disparo retardado de 90 segundos para permitir la evacuación de los espacios afectados por el gas.



Arriba: vistas de un difusor de CO_2 (izquierda) y de un panel de alarmas (derecha).

Abajo: vista de la alarma específica de CO_2 .

Otro elemento activo en cuanto a la lucha CI sería el extintor, del que existe un gran número repartidos por todas las cubiertas del buque. Los hay de diferentes tipos y tamaños en función de dónde estén colocados y qué tipo de fuego se supone que deben extinguir. En nuestro caso existen de 3 tipos:

- El de polvo seco (tipo B, AB o ABC), este tipo de extintor sirve básicamente para extinguir los fuegos provenientes por inflamación de sólidos (como la madera) y/o los provenientes de la inflamación de líquidos (como el fuel), este tipo de extintor apaga el fuego por enfriamiento y anegamiento de la zona donde se produce el fuego.
- El de CO₂, este tipo de extintor está diseñado para los fuegos que se producen en zonas donde existe electricidad, generalmente en cuadros eléctricos y maquinaria con elementos electrónicos³⁹, pues este gas es totalmente aislante eléctrico y apaga el fuego por ahogo (desplaza el oxígeno presente en el aire).
- Y el de polvo con espuma, éste es muy similar al primero pero suma las propiedades de la espuma: gran capacidad dispersante (se extiende rápidamente por la superficie de aplicación) y empapante (separa el combustible del aire que lo rodea), lo que lo hace especialmente eficaz para fuegos de origen líquido.



Vistas de extintores de polvo seco (izquierda) y de CO₂ (derecha).

³⁹ Esto es así para evitar electrocuciones, pues tanto si utilizamos polvo seco de un extintor como si utilizamos agua para apagar el fuego y éstos nos empapan y los pisamos podrían pasarnos corriente del cuadro a través de ellos (ni el polvo del extintor ni el agua son aislantes eléctricos).

Y ya que hablábamos de la espuma, existen lo que se llama estaciones de espuma, que contienen una manguera eyectora, un largo adicional de manguera, acoples y recipientes de espuma. Estas estaciones se utilizan en conjunción con el agua en un BIE ya que gracias al eyector, que aspira la espuma del recipiente que la contiene y la mezcla con el agua circulante, obtenemos un poderoso agente ignífugo.

La espuma se utiliza principalmente para fuegos de procedencia líquida, siendo por esto por lo que se encuentra colocada en los locales con presencia de maquinaria consumidora de fuel y/o gasoil.



Vistas de las estaciones de espuma y su contenido.

Otro elemento activo serían las subcentrales de seguridad. También están, estratégicamente distribuidas por todo el buque (existen varias en la *Máquina* por ser lugar de posible actuación) y contienen todo lo necesario para actuar contra un incendio en caso necesario. Éste es su contenido:

- El traje de bombero, formado por chaqueta, pantalón y guantes ignífugos.
- Las botas aislantes.
- El casco.
- Un hacha y cinturón-arnés.
- Una linterna.
- Un ERA (Equipo de Respiración Autónomo).
- 3 botellas de aire para el ERA (1 instalada y las otras 2 de respeto).
- Y un plano de lucha CI (contiene la ubicación de los elementos CI, las salidas de emergencia y las rutas de escape).



Vistas de una subcentral de seguridad y su contenido.

Finalmente hablaremos de elementos como los pulsadores de alarma, las alarmas sonoras y la megafonía, o los ERA's.

Los pulsadores de alarmas están repartidos por todo el buque y sirven para avisar manualmente de la existencia de un fuego, este elemento no activa nada más que una alarma en el puente de gobierno y en la cabina de control para que un operario pueda ir a verificar en la zona en la que se activó el pulsador la existencia o no de fuego.

Las alarmas sonoras y la megafonía van de la mano, si bien las alarmas suelen sonar únicamente en los espacios en los que trabajan los operarios del buque (para evitar el pánico entre el pasaje) antes de comprobar si existe dicho fuego, y la megafonía se escucha en todos los espacios del buque mediante un gran número de altavoces colocados. El mensaje que puede escucharse suele ser una grabación, aunque también puede ser alguno de los oficiales encargados de la seguridad dando instrucciones precisas sobre el protocolo de actuación en caso de incendio.

Por lo que respecta a los ERA's, no son más que una máscara hermética dotada de una pequeña bandolera que contiene una botella de aire de pequeño tamaño (unos 15 minutos de duración). Suelen encontrarse en espacios susceptibles de padecer un incendio (como en la *Máquina*) y su función es la de permitir la huida de una zona con altas concentraciones de gases del usuario del ERA.



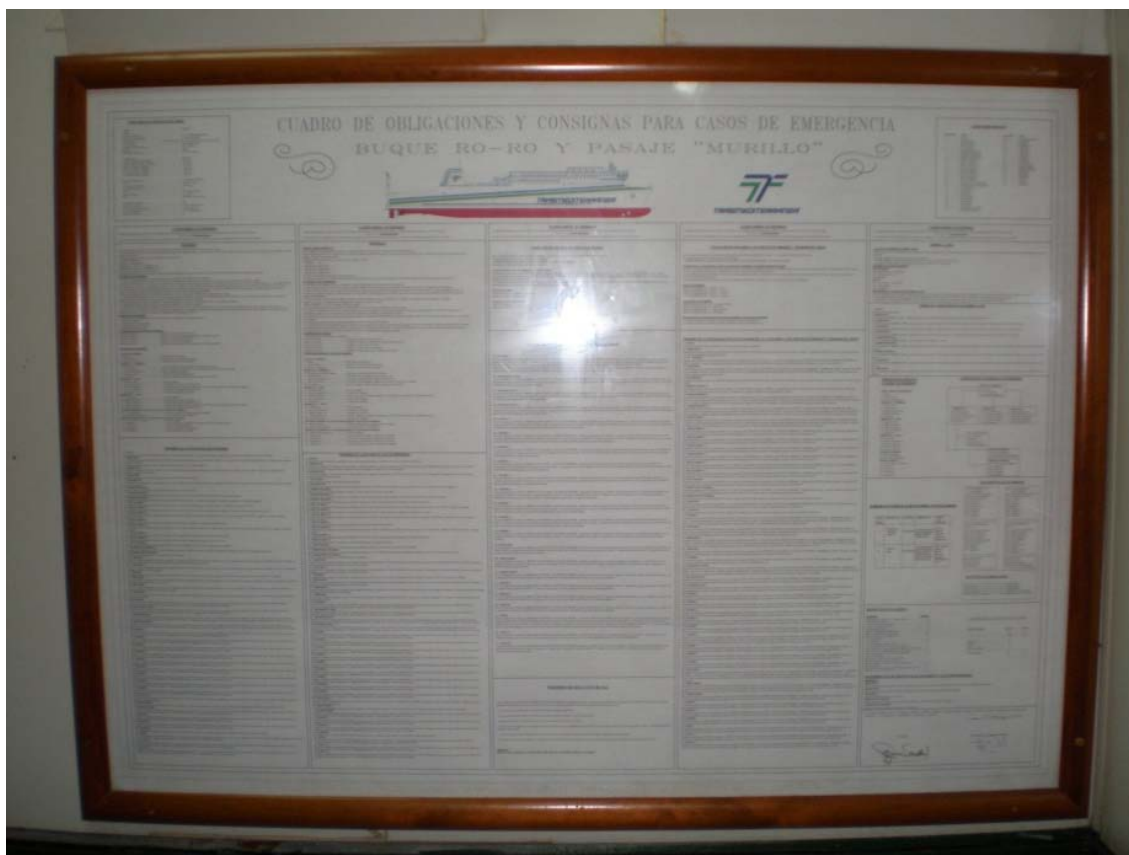
Arriba: vistas de un pulsador de alarma y de una alarma sonora. Abajo: vista de un de un ERA.

Finalmente hablaremos del *cuadro de obligaciones y consignas en caso de emergencia*. No es más que un papel (y en todos los sentidos) en el que se divide toda la tripulación que oficialmente puede llevar el buque en brigadas, y dentro de estas brigadas nombra a jefes de brigada y a ayudantes en función de los rangos. También dictamina los diferentes puntos de reunión en caso de emergencia y lo que debe hacerse en cada brigada en función de la situación. Éstas son las situaciones que recoge:

- Incendio.
- Emergencia.
- Conducción de pasaje a los puntos de reunión.
- Evacuación de pasajeros a los puestos de embarque y abandono del buque.
- Y hombre al agua.

Para el caso concreto de incendio, el alumno de máquinas debe ponerse a la orden del 1º oficial de máquinas en el puesto de reunión de la cabina de control junto con el calderero, el electricista y los 2 engrasadores.

El cuadro también recoge las características generales del buque, los dispositivos de salvamento que posee, qué cantidad y disposición de los mismos...



Vista del cuadro de obligaciones y consignas en caso de emergencia del buque Murillo.

4.3. Supervivencia en la mar y rescate de personas

Éste es otro de los puntos importantes de este trabajo, y como ya vimos en el *cuadro de obligaciones y consignas en caso de emergencia*, hace referencia a:

- La conducción de pasaje a los puestos de reunión.
- La evacuación de pasajeros a los puestos de embarque y abandono del buque.
- Y a hombre al agua.

Pero antes de empezar a explicar en qué consiste cada uno, primero daremos una pequeña lista de aquellos dispositivos de salvamento que posee el *Murillo* y en qué cantidad, así pues a bordo tenemos (entre otros):

- 1067 chalecos salvavidas para adultos.
- 91 chalecos para niños.
- 16 aros salvavidas de diferentes tipos.
- 2 MES (Marine Emergency System) con un total de 404 plazas.
- 1 bote de rescate rápido.
- 1 bote de rescate no rápido.
- 2 botes salvavidas parcialmente cerrados con un total de 300 plazas.
- 2 balsas salvavidas asociadas al MES con un total de 50 plazas.

Por lo que podemos comprobar que existe un número de elementos salvavidas superior al número de pasajeros y tripulación que pueden llevarse a bordo, garantizando así que todos tengan la posibilidad de equiparse/embarcarse con/en alguno de ellos en caso de abandono del buque.



Vistas de un chaleco para adultos.

Entrando ya en materia, empezaremos por el caso de conducción de pasaje a los puestos de reunión, que básicamente consiste en guiar a los pasajeros hacia alguno de los 2 puntos de reunión existentes en el buque (bien en recepción en la cubierta 7, o bien en el exterior de la misma cubierta 7, siempre cerca de uno de los MES), darles un chaleco salvavidas y explicarles cómo deben colocárselo.

La guía la hace la tripulación de a bordo, donde cada tripulante tiene asignado un punto dentro del buque en el que debe permanecer para guiar al pasaje hasta los puntos de reunión, mientras que lo de darles el chaleco y la explicación correspondiente se hace conjuntamente con los oficiales de puente ya en los puntos de reunión. Esta situación está bien preparada por parte de la tripulación ya que se practica regularmente a bordo.



Vistas de los puntos de reunión del pasaje (ambos en la cubierta 7).

El caso de abandono del buque es algo más complejo, tanto de plantear como de practicar. Es complementario del anterior caso, de hecho primero reuniremos al pasaje y después abandonaremos el buque, y suele darse cuando el barco está a punto de hundirse y/o quemarse.

La actuación sería⁴⁰ desplegar los MES, arriar los botes/balsas salvavidas, arriar los de rescate (éstos remolcarán las balsas y los botes salvavidas hasta reunirlos y mantenerlos juntos), y finalmente proceder a la evacuación del pasaje por cualquiera de los elementos de salvamento disponibles.

⁴⁰ Al margen de dar la señal de alarma, reunir al pasaje, dar la posición del buque y dar el motivo de abandono del mismo por radio a la estación marítima más cercana para que Salvamento Marítimo ponga en marcha el protocolo de rescate.



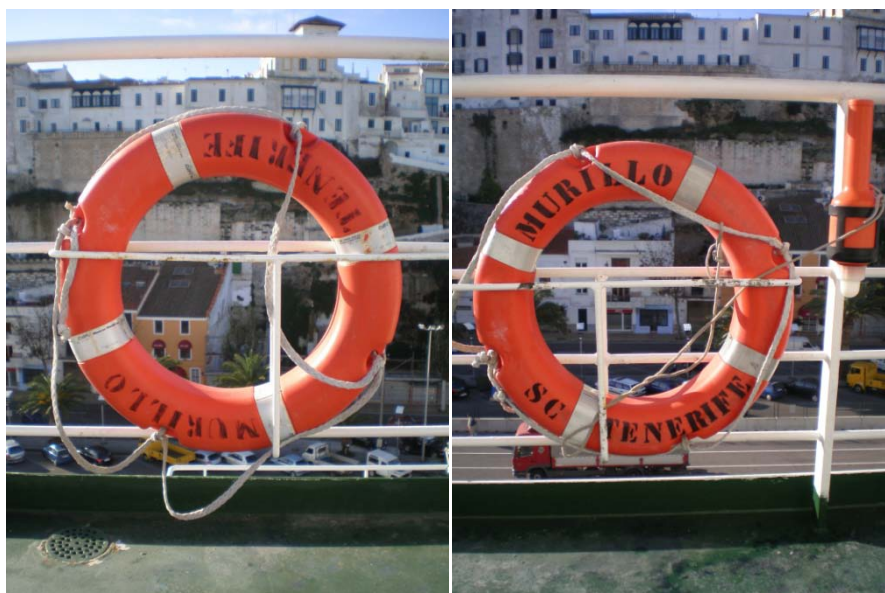
Arriba: vistas del MES y de una balsa salvavidas. Centro: vista del bote salvavidas. Abajo: vista del bote de rescate rápido.

Tanto desplegar el MES como arriar los botes/balsas de cualquier buque debe hacerse de la manera más rápida y simple posible, pues sería contraproducente que en caso de hundimiento, y con el pasaje reunido, esté la tripulación “peleándose” y perdiendo el tiempo en un intento desesperado por liberar los dispositivos de salvamento. Es por todo ello que el despliegue de dichos elementos se suele resumir en “destrincar y tirar de una palanca”, o seáse, lo más rápido y simple posible⁴¹.

Cabe remarcar que si bien no se practica el abandono del buque (y menos con pasaje a bordo), sí que se visualizan semanalmente una serie de vídeos formativos en los que se enseña a la tripulación los protocolos de actuación en caso de darse el abandono del buque, por otro lado también existe un mantenimiento periódico dedicado a los botes/balsas para garantizar que el día que fueran necesarios estén adecuadamente equipados y preparados.

Finalmente nos queda comentar el caso de hombre al agua, cuyo protocolo de actuación es el siguiente:

- Avistar la caída y lanzar el aro salvavidas más cercano sobre el costado por el que cayó la persona y avisar al puente de gobierno.
- Inmediatamente se dará la alarma y las brigadas de rescate (equipadas con radios) se reunirán en los botes correspondientes para arriarlos.
- Se procederá entonces a rescatar a la persona y volver al buque.
- Una vez a bordo el equipo médico evaluará el estado de la víctima para proceder a su evacuación por helicóptero si así fuera necesario.



Vistas de 2 de los diferentes tipos de aros salvavidas existentes a bordo.

⁴¹ Es de justicia decir que todos los dispositivos de salvamento rápidos y simples tienen una efectividad inferior al 100% (que es lo deseable), por lo que es posible que el día que fueran necesarios no funcionaran sin ser culpa de nadie, es por esto que se lleva más de un tipo de dispositivo de salvamento y en mayor cantidad que la unidad, para reducir las posibilidades de fallo y/o limitarlas en su efecto.

Sistemas de lucha contra la contaminación

5. Sistemas de lucha contra la contaminación

En este apartado nos adentramos en la parte medioambiental del trabajo. En ella comentaremos qué aspectos se tienen en cuenta a bordo para reducir sus efectos contaminantes y qué equipos o técnicas utilizamos para conseguirlo.

Cabe destacar que a pesar de ser el sector de transporte menos contaminante del planeta es uno de los más restrictivos y vigilados en cuanto al tema medioambiental se refiere. El marco legislativo que se aplica al mundo naval es el MARPOL (Marine Pollution).

Éstos son los casos particulares que trataremos en esta memoria y que forman parte de un buque de pasaje como el *Murillo*⁴²:

- Separador de lodos y red de sentinas.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Gestión de basuras y de residuos de a bordo.

5.1. Separador de lodos y red de sentinas

Probablemente el elemento anticontaminación más importante de a bordo. Se define como *lodo* a toda sustancia total o parcialmente oleosa, o séase un hidrocarburo. Y si tenemos en cuenta que en una *Máquina* como la que tiene el *Murillo* todo funciona con hidrocarburos (ya sean como alimento, como lubricación o como limpiador de la maquinaria), y que siempre hay derrames, pérdidas o fugas de dichos hidrocarburos, comprenderemos inmediatamente que es imprescindible tener los elementos necesarios a bordo para recoger, almacenar y procesar dichos residuos.

Es aquí donde entra en juego la red de sentinas. Las sentinas no son más que los “desagües” del buque, el lugar a donde van a parar todos los derrames, pérdidas y fugas de los que hablábamos anteriormente. Una serie de *pocetes* hacen de acumuladores de dichos residuos acuosos/oleosos y una compleja red de tuberías, válvulas hidráulicas y bombas permiten su achicado y bombeo hacia el tanque de sentinas.

Por otro lado debemos tener en cuenta que tampoco podemos descargar los *lodos* al mar (ya que está prohibido), ni descargar todo lo recogido a tierra (pues sería económicamente inviable) ya que la mayor parte de los líquidos recogidos en la sentina son agua y ésta sí que puede descargarse al mar.

⁴² Debe tenerse en cuenta que un buque Ro-Ro/Pax no tiene aplicada la misma reglamentación medioambiental (sólo los aspectos comunes) que un buque gasero o un buque Bulk Carrier, ya que son barcos diseñados para fines distintos y con equipo y elementos a bordo diferentes.

Pero vayamos por partes y empecemos por el principio: la red de sentinas. Una vez se nos ha producido un derrame de hidrocarburos (por el motivo que sea), éste de una forma u otra acabará en la sentina y de allí caerá a alguno de los *pocetes* que la forman, una vez esté lleno dará la señal de nivel y se procederá entonces a achicarlo, primero abriendo la válvula correspondiente al ramal de sentinas que estemos achicando y después poniendo en marcha cualquiera de las 4 bombas específicas para sentinas (3 son de tipo centrífugo y 1 de tipo alternativo) colocadas en la red y distribuidas por toda la *Máquina*. Una vez sea bombeado, el hidrocarburo acabará en el tanque de sentinas, y allí quedará a la espera de pasar por el separador.



Arriba: vistas de dos de las bombas de achique de sentinas: una centrífuga (izquierda) y la otra alternativa (derecha).

Abajo: vistas de un pocete, su aspiración y filtro, y la válvula del ramal de la red de sentinas.

Una vez reunido todo el efluente (mezcla de agua e hidrocarburo) en el tanque de sentinas, entra en juego el separador. Los separadores funcionan por el principio de separación de 2 fluidos no miscibles entre sí y con distintas densidades (como pasa con el agua y los hidrocarburos). Todo esto en un bloque metálico en el que bombeamos los efluentes de la sentina mediante el vacío que genera la aspiración de la bomba fuera del mismo (así evitamos que el fluido aspirado del tanque de sentinas se nos emulsione dificultando su separación), si a esto añadimos un conjunto de placas plásticas oleofílicas y un serpentín calentador en la campana (para fluidos muy viscosos) obtenemos un sistema de separación de hidrocarburos perfecto.

¿Cómo funciona? Pues más o menos así:

- Una vez preparado el separador y abiertas tanto la aspiración del tanque de sentinas como la descarga al mar (sólo podemos utilizarlo en alta mar), ponemos en marcha la bomba del separador.
- Ésta aspirará el agua limpia contenida en el separador creando a la vez un vacío dentro del mismo que aspirará los efluentes procedentes del tanque de sentinas.
- Una vez dentro del separador estos efluentes tienden a separarse, al pasar por el paquete de placas, en lodos (partículas sólidas de mayor densidad que el agua, y que por tanto precipitan hacia el fondo), hidrocarburo (que al tener menor densidad que el agua tiende a “flotar” y que queda acumulado en la campana), y agua “limpia”⁴³ en la parte media.
- Todo esto es simultáneo a la aspiración del tanque de sentinas, por lo que además, y durante el proceso de acumulación de hidrocarburo en la campana, se está descargando al mar el agua contenida en el efluente aspirado, que está siendo continuamente controlada por el hidrocarbúrometro⁴⁴ (tiene un flujo continuo del agua que la bomba aspira del interior del separador y descarga al mar).
- Cuando salta la sonda de nivel de hidrocarburo se abre la descarga de hidrocarburo (ambos están situados en la campana) al tanque de sentinas (la presión de entrada del efluente al separador es el encargado de empujar el contenido de la campana hacia el tanque) hasta que de nuevo el agua ocupa la campana, deja de dar señal de llenado, se cierra la descarga y vuelta a empezar.

⁴³ Esta agua no puede contener jamás una mayor concentración en hidrocarburos que la que dicta el MARPOL, o séase, 15 ppm (partes por millón), o lo que es lo mismo, 15 mililitros de hidrocarburo por cada litro de agua descargada.

⁴⁴ Es el encargado de comprobar las 15 ppm de hidrocarburo en el agua descargada al mar, sino se cumpliera el valor (siendo superior al marcado) abriría la recirculación al tanque de sentinas y cerraría la descarga al mar evitando un vertido a la vez que daría una señal de alarma, comunicándonos normalmente que ya no queda más agua que separar del efluente proveniente del tanque de sentinas.



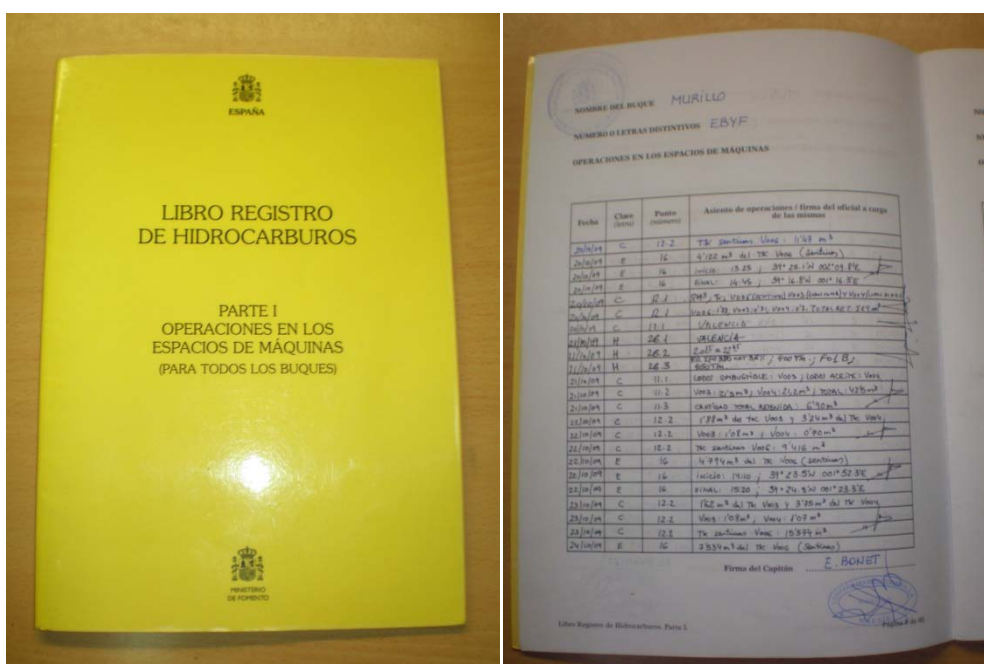
Arriba: vistas del separador de lodos del buque Murillo.

Abajo: vistas del hidrocarbúrometro (izquierda) y del paquete de placas del separador (derecha).

Como ya habíamos dicho, el hidrocarburo separado lo volvemos a enviar al tanque de sentinas⁴⁵, por lo que siempre estaremos acumulándolo y recirculándolo continuamente. Es por esto por lo que periódicamente se concierta con una empresa certificada una descarga de lodos a tierra. Esta descarga no consiste en nada más que en un bombeo desde el buque a una cuba (si descargamos a tierra directamente), o a una gabarra (si es descarga indirecta a tierra), de todo el contenido del tanque de sentinas.

⁴⁵ Si bien hay buques que el lodo separado ya lo envían a un tanque específico para proceder a su descarga a tierra cuando conviniera.

Y aquí es donde entra en juego el libro “amarillo” o *libro registro de hidrocarburos*. Cumpliendo con la normativa legal vigente (que deriva del MARPOL) en todos los buques del tipo (y de otros tipos también) del *Murillo*, debe hacerse un registro de todos los movimientos de hidrocarburos que estén relacionados/tengan lugar en el buque. Esto quiere decir que tomas de combustible, movimientos de efluentes entre tanques del buque, la puesta en marcha del separador en alta mar, o la propia descarga de lodos deben hacerse constar en dicho libro, cuyo control debe llevar la Administración a través de las Capitanías Marítimas. Esto es así para evitar/responsabilizar a los barcos por aquellos accidentes que pudieran ocurrir, ya sea un derrame de fuel en puerto o una mancha de efluente en alta mar entre otros.



Vistas del libro “amarillo” o libro registro de hidrocarburos.

5.2. Planta de tratamiento de aguas residuales

Como es de suponer, en un buque como el *Murillo*, que es capaz de llevar a más de 600 personas a bordo, se generan gran cantidad de residuos acuosos y orgánicos procedentes de la higiene personal de todas estas personas. Y puesto que sería una irresponsabilidad evacuar directamente al mar todos estos residuos, además de que el MARPOL también nos obliga a ello claro, debemos disponer a bordo de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En nuestro caso, y debido al elevado número de personas que podemos transportar, tenemos instaladas 2 plantas. A cada una de ellas llegan los residuos acuosos a través de una red neumática (por aspiración), cuyo vacío lo generan 2 grupos de eyector-bomba incluidos en cada planta de tratamiento.

Estas plantas de tratamiento de aguas son similares a las que hay en tierra pero en miniatura, tienen la función de recoger, tratar y desinfectar toda el agua residual generada por la acomodación y la tripulación del buque antes de evacuarla al mar.

Dicho esto debemos distinguir entre los diferentes tipos de aguas residuales que se generan a bordo, que son las siguientes:

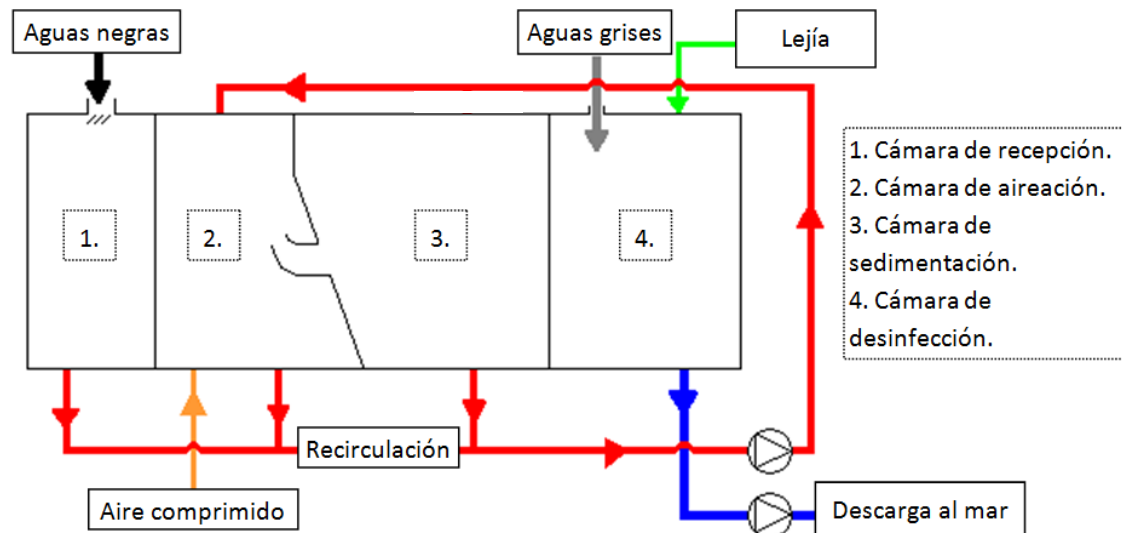
- Las *aguas grises*, son las provenientes de las duchas y las picas lavamanos, son básicamente aguas limpias con productos jabonosos. Por lo general no necesitan ningún tratamiento especial, así que se las desinfecta y se evacuan al mar.
- Las *aguas negras*, son las provenientes de los váteres de los lavabos y de las picas de la cocina, éstas suelen contener sólidos, residuos orgánicos y restos aceitosos (las cocinas). Siempre serán tratadas con un filtrado, una aireación, una decantación y una desinfección antes de ser descargadas al mar.

Ahora que ya hemos descrito los tipos de aguas sucias que tenemos a bordo, pasemos a describir el proceso de tratamiento, que por pasos sería el siguiente:

- Recogida de las aguas y envío de las mismas a la planta.
- Las aguas grises pasan directamente a la última etapa del proceso: la desinfección mediante hipoclorito sódico (comúnmente conocido como lejía).
- Las aguas negras pasan antes por unas rejillas metálicas para retener los sólidos y facilitar la desintegración de los residuos orgánicos.
- Posterior a esto está la cámara de aireación, en ella inyectamos aire a presión a la pasta orgánica con 2 fines: primeramente facilita la desintegración en partículas muy menudas de la materia orgánica (provocamos un medio turbulento), y después facilita la oxidación aeróbica de la misma⁴⁶, generándose un lodo rico en bacterias digestoras de materia orgánica.
- Los lodos ricos en bacterias generados y depositados al fondo de los tanques son recirculados para facilitar y acelerar el proceso de biodegradación de la materia orgánica.
- Después pasamos a la cámara de sedimentación, en ella sigue la de degradación aeróbica pero sin el medio turbulento, lo que provoca la decantación del lodo al fondo y nos deja libre el agua en la parte superior.

⁴⁶ Los residuos fecales humanos contienen una gran cantidad de bacterias aeróbicas (los digestores) y una gran cantidad de materia orgánica (su alimento), con lo que el añadir aire permite y acelera la descomposición de la materia orgánica pero no su desinfección (que se hace a posteriori).

- Esta agua pasa a la cámara de desinfección, en ella esterilizamos el agua⁴⁷ mediante un inyectado continuo de hipoclorito sódico, obteniendo un agua limpia y apta para ser descargada al mar sin provocar ningún problema de color, olor o riesgo biológico.
- Finalmente descargamos sin perjuicio el agua en la mar.



Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Uno de los mantenimientos periódicos que se siguen en la *planta* es el control químico del agua de salida, de la que se comprueban los niveles de cloro, pH, y el oxígeno libre para saber si estamos añadiendo las cantidades adecuadas de hipoclorito sódico y si es correcto el volumen de inyección de aire en la *planta*.



Vistas del grupo bomba-eyector (izquierda) y de la bomba de recirculación de lodos (derecha).

⁴⁷ Aquí eliminamos las bacterias aeróbicas que tanto nos han ayudado en el proceso de tratamiento, esto es así para evitar la transmisión de enfermedades a la fauna y flora marinas.



Arriba: vista de los sopladores de aire comprimido. Abajo: vista de la planta de tratamiento de aguas residuales.

5.3. Gestión de basuras y de residuos de a bordo

Como bien suponíamos en el apartado anterior que más de 600 personas generaban muchas aguas residuales, es igualmente lógico suponer que éstas también generan mucha basura (que también se ha de recoger).

Igualmente cabe decir que en el departamento de máquinas, y fruto de los programas de mantenimiento y de las reparaciones pertinentes de la maquinaria existente en el buque, también se generan gran cantidad de basuras y de residuos especiales, que como tales, tienen un tratamiento especial.

Es por todo ello (y en cumplimiento con los dictados del MARPOL) que en el *Murillo* se sigue un programa estricto de gestión de residuos que consiste en el adiestramiento de la tripulación sobre los tipos distintos de residuos existentes y generados a bordo, la separación de los mismos según su procedencia, su almacenamiento, y su recogida final en puerto.

Distingamos pues entre los tipos de residuos generados a bordo, que son:

- Basuras “normales”, entendidas como aquellas generadas por la actividad normal de la acomodación y de la tripulación, o séase, restos de comida, vidrio, plásticos, papel y cartón. Este tipo de residuo no tiene más restricción que la de ser almacenado en el mismo contenedor para su posterior recogida en puerto desde una empresa dedicada y certificada a tal fin.
- Basuras “especiales”, que debido a su procedencia no pueden desecharse de la misma forma que las anteriores. Generada por la tripulación de Máquinas en sus tareas de mantenimiento y reparación de maquinaria, requiere de una especial atención a la hora de clasificarla y de separarla para su posterior recogida. Suele estar comprendida por lo que llamaríamos *chatarra, basuras oleosas, aerosoles, pinturas y disolventes*, y basura “normal”.

Como ya hemos visto la basura “normal” es la que generamos normalmente cada uno en casa, y como tal no tiene más complicación que juntarla y tirarla al contenedor dedicado a ello.

Por el contrario, la basura “especial” comprende un conjunto de residuos que ni se pueden almacenar en el mismo contenedor ni se les puede tratar de la misma forma. Estos residuos se almacenan separados entre sí (y en los recipientes que dicte la normativa según su procedencia), y se recogen por vehículos distintos (según procedencia también). Pasemos pues a darles una descripción más extensiva a cada uno de los tipos de residuos especiales.

Consideramos como *chatarra* a todos aquellos elementos metálicos extraídos de cualquier parte de la maquinaria y que no tienen un reaprovechamiento para las mismas. Puede comprender desde pernos rotos hasta pistones desgastados o impulsores de bombas cavitados.



Puestos de recogida de chatarra y de basuras oleosas.

Entendemos como *basuras oleosas* todos aquellos elementos que debido a su procedencia dentro de la maquinaria o a su uso auxiliar, resultan impregnados, manchados o cubiertos de hidrocarburo (ya sea combustible o lubricante). Suelen comprender filtros de aceite y/o combustible, bidones de lubricante, o los tan usados trapos para la limpieza.



Puestos de recogida de aerosoles, pinturas y disolventes, y de la basura "normal".

Se entiende por *aerosoles, pinturas y disolventes* a todos aquellos recipientes a presión o no que contenían cualquier tipo de sustancia química (ya fuera pintura, un disolvente o un lubricante). Suelen ser recipientes tipo aerosol o tipo bidón, brochas para pintura...

Finalmente también se genera basura “normal”, que en nuestro caso suele comprender, botellas de plástico, papel y cartón.



Puestos de almacenamiento de los diferentes tipos de residuos “especiales”.



Puesto de almacenamiento de los residuos “normales”.

6. Conclusiones

Después de un embarque que ha durado nada menos que 8 meses, sólo puedo decir que ha sido una experiencia inolvidable en el buen sentido de la palabra. Sin ninguna duda, hacer las prácticas en un buque mercante (y no eso de los remolcadores) es una vivencia que te demuestra a ti mismo si elegiste la carrera adecuada y si de verdad te vas a dedicar a aquello para lo que estudiaste en su momento.

Tenía mis dudas al respecto de lo que me iba a encontrar en un buque de las características del *Murillo* desde el primer día (y más con las cosas que se cuentan por ahí), pero nada más lejos de la realidad me encontré con gente más que correcta que desde el primer día me trataron como a uno más y me enseñaron todo aquello que yo quise aprender. Sin excepción, desde el alumno que llevaba más tiempo que yo hasta el *Jefe* pasando por los engrasadores, caldereteros, fontaneros, electricistas y oficiales. De hecho, una de las ventajas de haber estado tanto tiempo es el haber conocido a más de un trabajador por puesto, cosa que te permite ver más de una forma de hacer la misma tarea, diferentes formas de organización y planificación del trabajo, y el trato formal adecuado con el personal.

Por lo que a nivel profesional respecta, creo que me he decidido por intentar dedicarme a esto de la marina mercante con la motivación de seguir aprendiendo cosas día a día (porque yo he aprendido desde el primer hasta el último día, y aún así sé que me queda mucho por aprender).

A nivel puramente personal y egoísta, el embarque también me ha permitido visitar y hacer turismo por lugares en los que no había estado nunca (Islas Baleares, Islas Canarias, Cádiz, Valencia...), madurar como persona (pues estás fuera de casa y lejos de tu familia y amigos), y conocer a mucha buena gente y a hacer amigos.

Por lo que respecta a la memoria de embarque creo que cumplí con el objetivo inicial de dar a conocer las partes más importantes de un buque como el *Murillo* de una forma amena y distendida. Además, al escribirla, ésta me “obligó” a preguntar cosas sobre lo que explicaba que no me planteé en un primer momento o que no había visto o comprendido del todo en el plano o manual correspondiente, con lo que aprendía continuamente (cosa que, siendo sincero, te compensa enormemente el tener que hacer obligatoriamente esta memoria).

En fin, una experiencia única que agradezco haber podido disfrutar.

7. Bibliografía

- Diversos autores, *Prácticas de embarque*, FNB, Barcelona, diversos años.
- Wärtsilä, *Manual de motores principales*, Finlandia, 2000.
- Wärtsilä, *Manual de motores auxiliares*, Finlandia, 2000.
- MAN, *Manual del generador de emergencia*, Alemania, 2000.
- ABB, *Manual de turbocompresores*, Suiza, 1999.
- Lyngso Marine, *Sistema operativo y procesado de información*, Dinamarca, 1999.
- Aalborg Industries, *Manual de la caldera*, Noruega, 1999.
- Alfa Laval, *Manual de depuradoras*, Suecia, 1999.
- Alfa Laval, *Manual de generadores de aguas técnicas*, Suecia, 1999.
- Alfa Laval, *Manual de enfriadores de placas para agua/aceite*, Suecia, 1999.
- Rolls-Royce, *Manual del sistema de gobierno*, Inglaterra, 2000.
- John-Crane, *Manual del sistema de paso variable de las hélices*, Noruega, 2000.
- Schaller-Automation, *Manual del detector de niebla en el cárter*, Alemania, 1998.
- Marioff, *Manual del sistema CI Hi-Fog*, Finlandia, 2000.
- Facet International, *Manual del separador de lodos*, USA, 1999.
- Facet International, *Manual planta tratamiento aguas residuales*, USA, 1999.
- IZAR, *Especificaciones técnicas buque Murillo*, España, 1999.
- IZAR, *Pruebas de mar buque Murillo*, España, 1999.
- Azcue, *Manuales de bombas*, España, 1999.
- Sperre, *Manuales de compresores de aire*, Noruega, 1999.
- Mycom, *Manual del compresor del aire acondicionado*, Japón, 1999.
- Unitor, *Manual de tratamientos químicos de agua*, Noruega, 2000.
- Nalfleet, *Manual de tratamientos químicos de agua*, USA, 1999.

Anexos

8. Anexos

Éste será el último apartado de la memoria y está dedicado a poner toda aquella información que en su momento no cabía o que era demasiado específica para colocarla en los apartados pertinentes. Así pues, se dedican estas pocas páginas a contener todo aquello que considero más importante desde el punto de vista del alumno.

En concreto, los anexos están formados por:

- Anexo I, maniobra de atraque.
- Anexo II, maniobra de salida.
- Anexo III, problemas de funcionamiento del motor principal.
- Anexo IV, programa de mantenimiento del motor principal.

Anexo I, maniobra de atraque

En este anexo pasaremos a describir las acciones pertinentes para preparar y desarrollar la maniobra de atraque del buque *Murillo* en cualquiera de los puertos a los que fuera. Por pasos sería:

- *Se avisa desde el puente de gobierno que queda 1 hora para atención;* con esto se nos pone sobre aviso de que la maniobra de atraque propiamente dicha empezará al cabo de 1 hora, con lo que podemos organizar ese tiempo para preparar el arranque de un motor (si fuera parado), también nos sirve a su vez para avisar con tiempo a la *oficialidad* (Jefe de máquinas y 1º oficial si no estuviera en su guardia) y a la *maestranza* (fontanero, electricista y calderero) que debiera estar presente.
- *Se dan desde el puente de gobierno las coordenadas geográficas para proceder al cambio de combustible;* antes de llegar a las 12 millas de costa debemos cambiar de combustible (pasamos de alto contenido en azufre a bajo contenido en azufre), y anotar en el libro amarillo pertinente dichas coordenadas y la hora a la que efectúa el cambio. 10 minutos antes de la atención se les da corriente a las hélices de proa (para la maniobra).
- *Se da “atención” desde el puente de gobierno;* suele ser cuando sube a bordo el práctico justo en la bocana del puerto de llegada. Pasamos de “toda” a “poca” en el telégrafo de órdenes.
- *Se da “listos” desde el puente de gobierno;* una vez finalizada la maniobra nos transfieren el mando de los motores y pasamos de “poca”

a “parada” en el telégrafo de órdenes. Procedemos entonces a desembragar los motores (bajando de vueltas) y a pararlos. Justo al pararlos también se paran las bombas de agua dulce de refrigeración y las de agua salada de refrigeración, a la misma vez se abren las purgas de las culatas de los motores (para evacuar cualquier posible sobrepresión en el cilindro) y los drenajes de las turbinas y del colector de escapes (para que la condensación por falta de temperatura no pase a la maquinaria). A los 10 minutos además, se pararán también las bombas de las reductoras (se dejan 10 minutos para refrigerar el aceite de las mismas) y las bombas de prelubricación de los motores principales (ya no son necesarias). Justo entonces arrancamos las bombas de precalentamiento de los motores (para mantenerlos a una temperatura adecuada) y dejamos la planta lista hasta la maniobra de arranque y salida del puerto.

Anexo II, maniobra de salida

En este anexo pasaremos a describir las acciones pertinentes para preparar y desarrollar la maniobra de salida del buque *Murillo* en cualquiera de los puertos en los que estuviera atracado. Por pasos sería:

- *Se avisa desde el puente de gobierno que queda media hora para la maniobra de salida; con este aviso además nos piden el traspaso del mando para poder probar los timones (previo arranque de las bombas del servomotor) y el paso variable de las hélices (previo arranque por nuestra parte de las bombas hidráulicas pertinentes). Una vez pasado el mando, y mientras prueban, nosotros llamamos a la oficialidad pertinente y pasamos a arrancar las bombas de lubricación de las reductoras (para prepararlas para el arranque) y las bombas de prelubricación de los motores principales, pasados 5 minutos el puente de gobierno suele devolver el mando y nosotros procedemos entonces al “soplado” de los motores. El “soplado” consiste (con las purgas de los motores principales abiertas) en hacer girar el motor en un amago de arranque y comprobar que puede hacerlo sin problemas (las purgas hacen de “chivatos” en caso de que existiera condensación en el interior de los cilindros por el motivo que fuera). Una vez hecho el “soplado” de motores se cierran sus purgas y se vuelve a arrancar el circuito de precalentamiento (se para al “soplar” los motores).*
- *Se da desde el puente de gobierno el inicio de la maniobra de salida; suele darse a la hora prevista y cuando el práctico está a bordo. El*

telégrafo de órdenes pasa de “parados” a “muy poca”, se arrancan los motores, se los embraga (a la misma vez que se arrancan las bombas de agua dulce y agua salada de refrigeración) y una vez a las vueltas adecuadas se da corriente a las hélices de proa y se les pasa el mando al puente de gobierno pasando el telégrafo de órdenes de “muy poca” a “poca”, empieza entonces dicha maniobra de salida.

- *Se da “listos” desde el puente de gobierno; una vez acabada la maniobra y con el práctico ya fuera del barco, se pasa en el telégrafo de órdenes de “poca” a “toda” y se procede a quitar la corriente de las hélices de proa. Ahora el buque ya navega sin restricciones.*
- *Una vez alcanzadas las 12 millas a costa se da desde el puente de gobierno las coordenadas geográficas para proceder al cambio de combustible; es entonces cuando se hace el cambio de combustible de bajo contenido en azufre al de alto contenido en azufre y se anota en el libro amarillo pertinente la maniobra del cambio.*
- *Durante la navegación; se tendrá la comunicación pertinente con el puente de gobierno para mantener las líneas de propulsión equilibradas y dentro de los márgenes de carga establecidos por el fabricante (pudiera ser necesario parar o arrancar algún motor) tanto en circunstancias normales (por velocidad del buque), como en circunstancias anormales (ya sea por mal tiempo o debido a la rotura/avería de algún elemento importante en el funcionamiento de alguno de los motores principales y que requiriera su parada inmediata para proceder a la detección y arreglo de dicha anomalía).*



Vistas del telégrafo de órdenes (izquierda) y de la consola de mando de la cabina de control (derecha).

Anexo III, problemas de funcionamiento del motor principal

En este anexo se incluye una lista completa que contiene la mayoría de los posibles problemas de funcionamiento que pueda dar el motor principal, aquello que pudiera causar dicho problema de funcionamiento, y las posibles soluciones propuestas por el fabricante (Wärtsilä). Todo ello ha sido extraído del manual del motor principal.

	Acción
1. El cigüeñal no gira en el intento de arranque con aire	
a) El virador está embragado. b) Presión de aire de arranque demasiado baja. c) Válvula de aire de arranque cerrada mediante el sistema de seguridad. d) Motor en posición de parada por sobrevelocidad. e) La válvula principal de aire de arranque se agarrota. f) Ajuste incorrecto del sistema de aire de arranque piloto.	Localizar el problema.
2. El cigüeñal gira, sin embargo el motor no arranca	
a) Velocidad demasiado baja. b) Se activa la solenoide de parada en el actuador. c) El limitador de carga no está correctamente ajustado. d) El limitador de combustible no está correctamente ajustado. e) Cremallera de bomba de combustible bloqueada. f) En el caso de arrancar con HFO, temperatura del motor y/o combustible demasiado baja. g) Presión de compresión demasiado baja. h) Temperatura de aire de combustión demasiado baja. j) Vapor en líneas de combustible de alta presión. k) Vapor en la línea de combustible de la booster.	Ver 1b. Localizar el problema. Presión demasiado baja /o Temperatura demasiado alta.
3. El motor arranca irregularmente	
a) Ver puntos, 2f, 2g, 2h 2j, 4d. b) La cremallera de combustible está ajustada incorrectamente o se agarrota. c) La bomba de HP no opera correctamente. d) Funcionamiento incorrecto del inyector de combustible. e) Los aros de pistón no sellan adecuadamente. f) Presión de la bomba de alimentación de combustible demasiado baja. g) Las válvulas en el colector de suministro / retorno a la bomba de combustible cerradas.	Reajustar la cremallera de combustible. Orificios de la tobera obstruidos. Comprobar la presión de compresión.

4. Velocidad del motor inestable a) Actuador ajustado incorrectamente. b) Ver punto 3b. b) El mecanismo de control se agarrota. c) Demasiadas holguras en el mecanismo de control. d) Agua en el combustible. e) Mecanismo de control automático de carga defectuoso. f) Accionamiento del actuador desgastado.	
5. Detonaciones a) Excesiva holgura del cojinete de cabeza de biela. b) Muelles de válvula o muelle del empujador de leva rotos. c) Excesiva holgura de válvulas. d) La(s) válvula(s) se agarrota(n). e) Los pernos de bomba de combustible de HP no están fijados. f) Uno o más cilindros con demasiado combustible. h) Agarrada de pistón. j) Demora de la ignición.	<p>Encontrar la causa del excesivo desgaste. Reajustar la holgura de válvulas.</p> <p>Ver 3b, 3c.</p> <p>Localizar el problema.</p>
6. Gases de escape de color oscuro a) Motor sobrecargado. b) Inyección retardada, ajuste incorrecto del eje de levas, ajuste incorrecto de la aspiración. c) Ver puntos 3b, 3c. d) Insuficiente presión de aire de carga debido a: - filtro de aire del turbocompresor obstruido - compresor sucio - aro de tobera obstruido - velocidad de turbina demasiado baja - demasiada holgura entre el rotor y anillo. e) Inyectores deteriorados. f) Toma de carga del motor demasiado rápida ej. durante el arranque.	<p>Comprobar posiciones de cremallera de bombas de combustible, temp. de gases de escape y presión/temp. de aire de carga.</p> <p>Comprobar reglaje.</p>
7. Gases de escape azulados o grisáceos a) Excesivo consumo de aceite lubricante debido al paso de gases a causa de los aros de pistón, rotos, agarrados o demasiado desgaste en aros / camisas. b) Gases gris-blanquecino debido a fugas de agua en la cámara de combustión. Nota: El humo es azul-blanquecino cuando se funciona a baja carga o a baja temperatura ambiente poco después del arranque.	<p>Inspección endoscópica de la camisa.</p>

8. Temperaturas de gases de escape demasiado altas en uno o más cilindros	
a) Motor sobrecargado. b) Ver puntos 3c y 4g. c) Temperatura de aire de carga demasiado alta. d) La válvula de escape fuga. e) Turbocompresor contaminado. f) Mal funcionamiento del equipo de medida de la temperatura de gases de escape. g) Ver punto 3d.	Ver hoja de datos de funcionamiento del motor, protocolo del banco de pruebas. Inspección del sistema de refrigeración de aire. Inspección/revisión de la válvula de escape.
9. Temperatura de gases de escape de un cilindro por debajo de lo normal	
a) Mal funcionamiento del equipo de medida de la temperatura de gases de escape. b) Fuga en inyector de combustible o tubo de inyección de HP. c) Mal funcionamiento del émbolo de la bomba de combustible de HP. d) Ver puntos 3b, 3d.	Inspección/revisión de la bomba de combustible de HP.
10. Temperaturas de gases de escape muy desiguales	
a) Presión de alimentación de combustible demasiado baja b) Ver puntos 2g, 3b y 6b en ralentí.	Llenado insuficiente de las bomba de combustible AP (consulte los puntos 2j, 2k), que pueden crear grandes diferencias de carga entre los cilindros a pesar de que las posiciones de los distribuidores de la bomba AP sean iguales. ¡Peligro! Causa una alta sobrecarga térmica en los cilindros individuales.
11. Presión de aceite lubricante demasiado baja	
a) Mal funcionamiento del manómetro / transmisor. b) Nivel de aceite lubricante en tanque demasiado bajo. c) Filtro contaminado. d) Temperatura de aceite lubricante demasiado alta. e) Aceite lubricante diluido con combustible o agua. f) Mal funcionamiento de la válvula de control de presión. g) Fuga en tubería de aspiración de aceite lubricante. h) Filtro de aspiración sucio o bloqueado. j) Mal funcionamiento de bomba de aceite lubricante. k) Tuberías de aceite lubricante en el motor dañadas.	Renovar elementos de filtro. Ver 13. Inspección/revisión de la válvula de control de presión.

12. Presión de aceite lubricante demasiado alta	
a) Ver punto 11f.	
13. Temperatura de aceite lubricante:	
demasiado alta	
a) Incorrecta indicación de la temperatura. b) Problemas en sistema de agua de refrigeración. c) Temperatura del agua de refrigeración de LT demasiado alta. d) Enfriador de aceite contaminado. e) Mal funcionamiento de la válvula termostática. f) Calor insuficiente transferido al refrigerante para mantener la temperatura.	Comprobar lectura de temperatura.
demasiado baja	
g) Ver puntos 13a y 13e.	
14. Agua de refrigeración:	
Temperatura demasiado alta	
a) Mal funcionamiento de la bomba. b) Agua de refrigeración contaminada. c) Mal funcionamiento de la válvula termostática. d) Posición incorrecta de la válvula en el sistema.	
Diferencia entre temperatura de entrada y salida demasiado alta	
e) Ver punto 14a. f) Enfriador de agua obstruido o contaminado. g) Flujo insuficiente de agua de refrigeración a través del motor, aire en el sistema, fuga en válvulas.	
15. Agua en aceite lubricante	
a) Enfriador de aceite fugando. b) Fuga por las juntas tóricas de camisa. c) Cierre de agua de la separadora de aceite mal colocado/ajustado. d) Camisa o culata defectuosas.	¡Ver libro de instrucciones!
16. Temperatura en colector de aire de carga demasiado alta	
a) Mal funcionamiento del enfriador(es) de aire de carga. b) Temperatura de agua de refrigeración de HT y/o LT demasiado alta.	Ventear el lado de agua del enfriador de aire de carga y/o limpiar el del enfriador de aire de carga.
17. Agua en colector de aire de carga	
a) Los enfriadores de aire de carga fugan. b) Condensado (temperatura del aire de carga demasiado baja)	Inspeccionar enfriador Aumentar temperatura de aire de carga
18. El motor pierde velocidad a carga constante o incrementada	
a) Motor sobrecargado. El limitador de carga mecánico evita un mayor aumento del suministro de combustible. b) Ver puntos 2c, 2e, 4e y 4f.	

Anexo IV, programa de mantenimiento del motor principal

Tal y como ya ocurrió en el Anexo III, aquí se da un compendio de todas aquellas acciones (ordenadas por partes del motor) y la periodicidad recomendada para su ejecución por parte del fabricante y que vienen proporcionadas en el manual de funcionamiento del motor principal.

Puntos generales de mantenimiento										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			ES P E C I A L							
			5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0	
Comprobar el motor con respecto a fugas, uniones por tornillo, cables y cableado. Comprobar el orificio indicador del colector de aire de carga por si tiene agua.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Anotar datos de rendimiento en el libro de trabajo del motor.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Comprobar niveles de: - Aceite del turbocompresor - Aceite del turbocompresor - Aceite lubricante del motor - Sistemas de refrigeración - Actuador. - Regulador.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Anotar presiones de combustible.				●	●	●	●	●	●	●
Disposición del motor										
Comprobar bulones de anclaje y calzas / vigas. En una instalación fija, el primer año cada 2 meses.			●							
Comprobar bulones de anclaje y calzas / vigas. Inspeccionar tacos de sujeción elásticos del motor (si es aplicable).							●	●	●	●
Comprobar puntos de referencia calzas de resina de epoxia (si es aplicable).							●	●	●	●
Inspeccionar tacos de sujeción elásticos del motor según instrucciones fabricante.							●	●	●	●
Medir desplazamiento axial y desviaciones del cigüeñal.							●	●	●	●
Comprobar alineación entre motor y maquinaria accionada por motor.							●	●	●	●

Sistema de combustible										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Comprobar la cantidad de pérdida de combustible del sistema de combustible.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Vaciar impurezas y condensación del depósito de combustible de trabajo.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Sustituir anillos tóricos de los conductos de suministro y retorno de combustible.								●	●	●
Inspeccionar un soporte de la bomba de combustible .							●			
Inspeccionar todos los soportes de la bomba de combustible .								●	●	●
Sistema de aceite lubricante										
Retirar los filtros de aceite de rodaje después de las primeras 100 horas de funcionamiento.			●							
Limpiar el filtro centrífugo.		●		●	●	●	●	●	●	●
Inspeccionar / revisar la válvula termostática.								●	●	●
Tomar muestra / analizar aceite lubricante; anotar resultados de análisis, tiempos de servicio, consumo y cambios de carga del aceite lubricante.					●	●	●	●	●	●
Mantener los cartuchos de los filtros de aceite según las instrucciones del fabricante.					●	●	●	●	●	●
Sistema de aire de arranque										
Vaciar botellas de aire de arranque y las unidad(es) de tratamiento de aire. Comprobar el sistema entero con respecto a fugas, oxidación y agua.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Inspeccionar / revisar válvulas de aire de arranque.								●	●	●
Inspeccionar / revisar la válvula principal de aire de arranque.									●	
Inspeccionar distribuidor de aire de arranque y su accionamiento.									●	●

Sistema de agua de refrigeración										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Comprobar calidad agua de refrigeración.		●		●	●	●	●			
Limpiar el sistema de agua de refrigeración y comprobarlo con respecto a corrosión.								●	●	●
Comprobar funcionamiento del sistema de purga del agua de refrigeración.		●		●	●	●	●	●	●	●
Inspeccionar / revisar la válvula termostática.								●	●	●
Inspeccionar / revisar bombas de agua de refrigeración AT y BT y sustituir juntas y cojinetes.								●	●	●
Engranaje de accionamiento de la bomba										
Inspeccionar engranaje de accionamiento de las bombas montadas.							●	●	●	●
Sistema de aire de carga y de gases de escape										
Limpiar turbina cada 24 ... 150 horas de funcionamiento. Limpiar turbina mediante inyección de agua.			●							
Limpiar compresor mediante inyección de agua.	●	●		●	●	●				
Inspeccionar / limpiar el turbocompresor entero después de las primero 4.000 horas de funcionamiento.			●							
Inspeccionar y limpiar mecánicamente el compresor y la turbina en función del rendimiento del turbocompresor.			●							
Revisar turbocompresor(es) y sustituir cojinetes después de 8.000 horas de funcionamiento.			●							
Sustituir rotor del compresor después de 50.000 horas de funcionamiento.			●							
Inspeccionar / limpiar filtro de aire. Sustituir material del filtro si es aplicable.		●		●	●	●	●		●	●
Hacer inspección endoscópica del lado de aire del refrigerador de aire de carga. Comprobar / limpiar el lado de agua y de aire del refrigerador de aire de carga. Revisar el refrigerador de aire de carga.							●	●	●	●
							●		●	●
Inspeccionar / reparar los conductos de gas de escape, dilatadores, aislamiento etc.								●	●	●

Sistema de control										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Comprobar y lubricar el mecanismo de control. Inspeccionar / revisar el mecanismo de control.		•		•	•	•	•	•	•	•
Renovar el aceite del actuador. Inspeccionar / revisar el actuador. Inspeccionar el accionamiento del actuador. Revisar el accionamiento del actuador.							• •	• •	• •	• •
Comprobar funcionamiento del limitador de carga / posición de los distribuidores de combustible.	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Comprobar el sistema de alarma y seguridad en funcionamiento y después de cada arranque. Comprobar y calibrar el sistema de alarma y seguridad.	•	•		• •	• •	• •	• •	• •	• •	• •
Comprobar los dispositivos de medición por si funcionan debidamente. Calibrar los dispositivos de medición.	•	•		•	•	•	• •	• •	• •	• •
Comprobar funcionamiento del detector de neblina de aceite.	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Funcionamiento										
Prueba proceso de arranque en posición stand-by.		•		•	•	•				
Realizar un arranque después una revisión. Realizar programa rodaje y anotar lecturas.							• •	• •	• •	• •
Comprobar funcionamiento del dispositivo giratorio y de bloqueo.							•	•	•	•
Cambiar aceite lubricante del dispositivo giratorio.								•		

Bloque motor, cojinetes y camisa										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Hacer inspección endoscópica de las camisas de cilindro. Inspeccionar una camisa de cilindro después de las primeras 4.000 horas de funcionamiento. Hacer inspección endoscópica de camisas de cilindro. Revisar camisas de cilindro incluyendo rectificado y sustituir segmento anti-pulimiento.			● ●				●	●	●	●
Inspeccionar visualmente el cárter. Inspeccionar los depósitos de agua de refrigeración.							●	●	● ●	● ●
Inspeccionar un cojinete principal y una muñequilla principal. Sustituir cojinetes principales y inspeccionar las muñequillas principales.								●	●	●
Inspeccionar un cojinetes y un muñón del árbol de levas. Sustituir los cojinetes del árbol de levas después de 48.000 horas de funcionamiento.			●					●	●	●
Cigüeñal, biela y pistón										
Inspeccionar un bulón y un cojinete después de las primeras 4000 horas de funcionamiento. Inspeccionar un bulón y un cojinete. Sustituir bulones y cojinetes después de 48.000 horas de funcionamiento.			● ●					●	●	●
Inspeccionar una biela después de las primeras 4.000 horas de funcionamiento. Inspeccionar una biela. Inspeccionar / revisar bielas.			●					●	●	●
Inspeccionar un muñón de muñequilla y un cojinete de muñequilla. Inspeccionar muñones de muñequilla. Sustituir cojinetes de muñequilla.								●	● ●	●
Inspeccionar un pistón con segmentos de pistón, sin desmontar los segmentos de pistón después de las primeras 4.000 horas de funcionamiento. Inspeccionar / revisar pistones y sustituir segmentos de pistón.			●					●	●	●

Culata										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Comprobar juego de taqués después de las primeras 100 horas de funcionamiento en motores nuevos y revisados.			●							
Inspeccionar una culata después de las primeras 4.000 horas de funcionamiento. Revisar culatas.			●					●	●	●
Inspeccionar válvulas de seguridad.								●	●	●
Comprobar juego de taqués. Comprobar funcionamiento de los rotadores de válvula. Hacer inspección endoscópica de las válvulas y de los asientos de válvula. Inspeccionar / revisar válvulas. Sustituir válvulas de escape. Sustituir válvulas de admisión.				●	●	●	●	●	●	●
Árbol de levas y mecanismo de accionamiento de las válvulas										
Inspeccionar un soporte y un rodillo de la bomba de combustible . Inspeccionar / revisar todos los soportes y rodillos de la bomba de combustible. Inspeccionar los soportes de un taqué de admisión y de escape. Inspeccionar / revisar todos los soportes de los taqués de admisión y de escape.							●	●	●	●
Comprobar los pivotes de las varillas empujadoras.								●	●	●
Comprobar las holguras de los cojinetes de los balancines. Inspeccionar / revisar balancines con soporte.								●	●	●
Inspeccionar los tramos del árbol de levas.							●	●	●	●
Inspeccionar engranaje de accionamiento del árbol de levas.							●	●	●	●

Sistema de inyección										
Descripción	D I A R I O	S E M A N A L	Periodicidad (horas)							
			E S P E C I A L	5 0 0	1 0 0	2 0 0	4 0 0	1 2 0	2 4 0	3 6 0
Comprobar la cantidad de combustible de fuga.	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Inspeccionar / probar inyectores de combustible.						●	●	●	●	●
Sustituir las toberas de los inyectores de combustible.							●	●	●	●
Sustituir piezas internas del portainyector.								●	●	●
Sustituir todo el portainyector después de 48.000 horas de funcionamiento.			●							
Inspeccionar una bomba de combustible AP, después de las primeras 4.000 horas de funcionamiento.			●							
Sustituir elementos de la bomba de combustible y tapones anticavitación.									●	
Inspeccionar / revisar bombas de combustible AP.								●	●	●
Sustituir anillos tóricos en los conductos de entrada y salida de las bombas de combustible AP.								●	●	●
Comprobar ajuste de la bomba de combustible AP.								●	●	●
Inspeccionar un conducto de combustible AP.							●	●		●
Sustituir todos los conductos de combustible AP.									●	